COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 AVRIL 1892.

PRÉSIDENCE DE M. D'ABBADIE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que, en raison des fêtes de Pâques, la séance de lundi prochain 18 avril est remise au mardi 19.

ASTRONOMIE. — *Sur une nouvelle détermination de la latitude de l'Observatoire de Paris.* Note de M. **Mouchez**.

« La latitude de l'Observatoire de Paris, qui a déjà donné lieu à tant de recherches sans que l'on puisse parvenir à la connaître avec une suffisante exactitude, vient d'être de nouveau déterminée par deux de nos observateurs les plus expérimentés, MM. Périgaud et Boquet, dont j'ai l'honneur de

présenter les résultats à l'Académie [1]. L'intérêt qui s'attache à cette question se trouve aujourd'hui augmenté par la différence des résultats assez régulière que l'on obtient selon les saisons où l'on observe, et attribuée par les astronomes allemands à une variation annuelle de l'axe des pôles.

» La difficulté de résoudre cette question consiste d'abord dans l'extrême précision qu'elle nécessite. Les deux séries d'observations nouvelles apportées dans cette discussion s'accordent bien entre elles, au $\frac{1}{10}$ et même au $\frac{1}{100}$ de seconde (toutes deux donnent 48° 50′ 11″,01), mais elles diffèrent de 0″,8 de la moyenne adoptée jusqu'ici pour la latitude de l'Observatoire de Paris et leur accord remarquable ne peut être d'ailleurs qu'un peu accidentel, si l'on se rappelle que sur la surface du globe le $\frac{1}{10}$ et le $\frac{1}{100}$ de seconde ne représentent qu'un bien minime déplacement de 3^m ou de $0^m,30$ qu'il s'agit de mesurer avec la seule observation des étoiles.

» Peu de temps après mon arrivée à l'Observatoire de Paris, en 1878, j'avais prié notre très habile chef du Bureau des calculs, M. Gaillot, de faire une étude un peu complète des nombreuses séries de latitudes déterminées depuis une vingtaine d'années, et d'en déduire non seulement la moyenne la plus probable, mais aussi la stabilité de la verticale ou sa variabilité, si elle existait, comme quelques-uns le supposaient alors. Le Mémoire de M. Gaillot a été inséré aux *Comptes rendus* de 1879; la latitude moyenne de 1077 observations dues à 10 observateurs différents a été trouvée de 48° 50′ 11″, 8.

» Il semble utile de rappeler aujourd'hui qu'en classant ces observations par mois, M. Gaillot a fait ressortir une variation assez régulière donnant un minimum en hiver et un maximum en été, avec un écart total de 0″, 5, qui confirmerait complètement ce que les astronomes allemands croient avoir constaté dans ces dernières années. L'existence de cette variation annuelle paraît donc acquérir quelque certitude; mais il semble, jusqu'ici, plus naturel de l'attribuer à la variation encore inconnue de quelques-uns des éléments qui entrent dans la détermination de la latitude, et principalement à l'influence des températures sur les réfractions astronomiques, qu'à une variation réelle de l'axe de la Terre.

» Je ne puis me dispenser, à cette occasion, de signaler encore à l'Académie les trop mauvaises conditions physiques dans lesquelles se trouve notre Observatoire dans l'atmosphère parisienne, pour prendre utilement part à de si délicates recherches; ce n'est que par de très nombreuses et

---

(1) Voir plus loin, p. 895 et 896.

laborieuses observations que nous pouvons surmonter les difficultés qui en résultent.

» Pour l'observation de la polaire, par exemple, qui est la plus fréquente, l'Observatoire se trouve placé dans une position tout à fait défavorable à l'extrémité sud de la ville, de telle sorte que les pointés sur cette étoile passent à quelques centaines de mètres au-dessus d'une étendue de 10^{km} à 12^{km} de maisons et d'usines, à travers une atmosphère profondément troublée, surtout en hiver et par les temps calmes. Les couches d'air ne doivent plus y avoir ni la même température, ni la même densité, ni le même parallélisme que du côté sud au-dessus de la campagne, d'où il est facile d'apercevoir souvent un banc de brume qui couvre la ville, s'illumine vivement le soir avec l'éclairage des rues et voile une grande partie inférieure de la tour Eiffel quand son extrémité supérieure reste bien visible. Dans de telles circonstances, il paraît évident que les réfractions astronomiques peuvent subir, du côté du nord, des irrégularités accidentelles des quelques dixièmes de seconde sur lesquels repose la solution d'une question, et qui suffisent à enlever à nos observations le degré de précision qu'elles devraient et pourraient avoir. Ces mauvaises conditions nous font donc perdre une partie de l'excellence de notre matériel scientifique et de l'habileté de nos observateurs, et ce n'est que par un grand surcroît de travail que nous pouvons, jusqu'à un certain point, nous en affranchir. Elles nous placent dans un état d'infériorité relative vis-à-vis des autres Observatoires de France et de l'étranger, tous, sans exception aujourd'hui, placés en dehors des villes. Je ne saurais trop insister sur ce fait que j'ai déjà plusieurs fois mais inutilement signalé. »

PHOTOGRAPHIE ASTRONOMIQUE. — *Note de M.* **Mouchez**, *accompagnant une photographie stellaire obtenue par M. le Dr* Gill, *directeur de l'Observatoire du Cap de Bonne-Espérance.*

« M. Mouchez présente à l'Académie une splendide photographie reproduisant un cliché de la dimension de ceux de la Carte du Ciel de 2° de côté, mais pour lequel la durée de pose a été de $3^h 12^m$ au lieu de 1^h.

» Sur cette reproduction, on voit deux grandes nébuleuses, plusieurs amas de matière nébulaire et un très grand nombre d'étoiles que sur le cliché M. Gill estime à 30 000 ou 40 000.

» Si une telle durée de pose avait été pratiquement possible pour la

Carte du Ciel, c'est donc environ 300 millions d'étoiles au lieu de 20 ou 30 millions dont nous aurions pu fixer l'image et la position actuelles pour les astronomes de l'avenir. »

HYDRODYNAMIQUE. — *Écoulement par les orifices rectangulaires, sans contraction latérale : calcul théorique de leur débit et de sa répartition*; par **M. J. Boussinesq.**

« I. Passons maintenant au cas d'un orifice rectangulaire allongé, de largeur $2b$ (¹). Le débit par unité d'aire, supposé encore fonction entière des coordonnées, devra évidemment y être, aux diverses distances η de l'axe longitudinal, $V_0 f\left(\frac{\eta^2}{b^2}\right)$, avec f de la forme

$$(25) \qquad f\left(\frac{\eta^2}{b^2}\right) = \left(c_0 + c_1\frac{\eta^2}{b^2} + c_2\frac{\eta^4}{b^4} + c_3\frac{\eta^6}{b^6} + \ldots\right)\left(1 - \frac{\eta^2}{b^2}\right),$$

ou, plus simplement, en appelant s le rapport $\frac{\eta^2}{b^2}$,

$$(25\ bis) \qquad f(s) = (\Sigma c_n s^n)(1 - s) = \Sigma c_n(s^n - s^{n+1}).$$

» Sur l'axe, où $s = 0$, la vitesse, normale au plan de l'orifice, se trouvera exprimée par $V_0 f(0) = c_0 V_0$, et, vu sa valeur expérimentale $0{,}690 V_0$, il viendra, comme première condition imposée aux coefficients c_0, c_1, c_2, ...,

$$(26) \qquad c_0 = 0{,}690.$$

» Quant au débit total q (par unité de longueur), il aura l'expression $2\int_0^b V_0 f(s)\,d\eta = bV_0\int_0^1 f(s)\frac{ds}{\sqrt{s}}$, et son quotient par $2bV_0$ sera le coefficient de contraction (ou de débit) m.

» Il vient donc pour la moitié de ce coefficient, en substituant finalement à $f(s)$ sa dernière valeur (25 *bis*) et intégrant,

$$(27) \quad \frac{m}{2} = \frac{1}{4}\int_0^1 f(s)\frac{ds}{\sqrt{s}} = \sum\frac{c_n}{(2n+1)(2n+3)} = \frac{c_0}{1.3} + \frac{c_1}{3.5} + \frac{c_2}{5.7} + \ldots.$$

» Évaluons, d'autre part, la vitesse V dans le plan de l'orifice, aux di-

(¹) Voir le *Compte rendu* de la séance du 28 mars, p. 704.

stances y de l'axe supérieures à b. Chaque élément rectangulaire $d\xi\, d\eta$ de la bande d'orifice comprise entre les deux parallèles $y=\eta$, $y=\eta+d\eta$ à l'axe, exerce au point considéré (x, y) l'*appel* $\frac{dq}{2\pi r^2} = \frac{V_0 f(s)\, d\xi\, d\eta}{2\pi[(\xi-x)^2+(\eta-y)^2]}$, qui a, suivant la perpendiculaire menée de (x,y) à l'axe, la composante $\frac{V_0 f(s)}{2\pi}(y-\eta)\, d\eta[(x-\xi)^2+(y-\eta)^2]^{-\frac{3}{2}} d\xi$. Par suite, celle-ci, intégrée de $\xi=-\infty$ à $\xi=\infty$, donne, comme appel total de la bande en (x, y),

$$\frac{V_0 f(s)\, d\eta}{2\pi(y-\eta)}\left[\frac{\xi-x}{\sqrt{(\xi-x)^2+(\eta-y)^2}}\right]_{\xi=-\infty}^{\xi=\infty} = \frac{V_0 f(s)\, d\eta}{\pi(y-\eta)}.$$

En y joignant l'appel analogue de la bande symétrique comprise de $y=-(\eta+d\eta)$ à $y=-\eta$, la somme est

$$\frac{V_0 f(s)\, d\eta}{\pi}\left(\frac{1}{y-\eta}+\frac{1}{y+\eta}\right) = \frac{2V_0 f(s) y\, d\eta}{\pi(y^2-\eta^2)} = \frac{V_0}{\pi}\,\frac{b}{y}\,\frac{f(s)}{1-\frac{b^2}{y^2}s}\,\frac{ds}{\sqrt{s}};$$

et l'on n'a plus qu'à intégrer cette expression depuis $s=0$ jusqu'à $s=1$ pour avoir la vitesse cherchée V. Il vient donc, en divisant par V_0 et, finalement, en substituant $\Sigma c_n(s^n - s^{n+1})$ à $f(s)$, pour effectuer l'intégration terme à terme après avoir remplacé $\left(1-\frac{b^2}{y^2}s\right)^{-1}$ par son développement convergent $1+\frac{b^2}{y^2}s+\frac{b^4}{y^4}s^2+\ldots$,

$$(28)\quad \begin{cases} \dfrac{V}{V_0} = \dfrac{1}{\pi}\,\dfrac{b}{y}\displaystyle\int_0^1 f(s)\left(1-\frac{b^2}{y^2}s\right)^{-1}\frac{ds}{\sqrt{s}} \\ \quad = \dfrac{4}{\pi}\,\dfrac{b}{y}\left[\displaystyle\sum\frac{c_n}{(2n+1)(2n+3)}+\frac{b^2}{y^2}\sum\frac{c_n}{(2n+3)(2n+5)}\right. \\ \qquad\qquad \left.+\dfrac{b^4}{y^4}\displaystyle\sum\frac{c_n}{(2n+5)(2n+7)}+\ldots\right]. \end{cases}$$

» A la limite $y=b$, le dernier membre prend la forme finie $\frac{2}{\pi}\sum\frac{c_n}{2n+1}$, à cause des identités

$$\frac{2}{(2n+1)(2n+3)} = \frac{1}{2n+1}-\frac{1}{2n+3},$$
$$\frac{2}{(2n+3)(2n+5)} = \frac{1}{2n+3}-\frac{1}{2n+5},$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots;$$

et l'on a

$$(29)\qquad \text{(au bord de l'orifice)}\quad \frac{V}{V_0} = \frac{2}{\pi}\sum\frac{c_n}{2n+1}.$$

» II. Ainsi, la condition $V = V_0$ (pour $y = \pm b$) revient à écrire $\sum \frac{c_n}{2n+1} = \frac{\pi}{2}$, ou à poser entre les coefficients inconnus $c_1, c_2, c_3, \ldots$, vu, finalement, (26), la relation

$$(30) \qquad \frac{c_1}{3} + \frac{c_2}{5} + \frac{c_3}{7} + \frac{c_4}{9} + \ldots = \frac{\pi}{2} - c_0 = 0,8808.$$

» D'autre part, l'équation (1), dernière de nos quatre conditions imposées au mode $V_0 f(s)$ de répartition du débit, s'écrira, si l'on divise par 2, $\frac{m}{2} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4}\int_b^\infty \frac{V^2}{V_0^2}\frac{dy}{b}$; et, en y substituant à $\frac{V}{V_0}$ le dernier membre de (28) $\left[\text{où } \sum \frac{c_n}{(2n+1)(2n+3)} \text{ n'est autre que } \frac{m}{2} \text{ en vertu de (27)}\right]$, après avoir d'ailleurs choisi une nouvelle variable d'intégration γ égale à $\frac{b}{y}$, on aura l'équation

$$(31) \quad \frac{m}{2} = \frac{1}{4} + \frac{4}{\pi^2}\int_0^1 \left[\frac{m}{2} + \gamma^2 \sum \frac{c_n}{(2n+3)(2n+5)} + \gamma^4 \sum \frac{c_n}{(2n+5)(2n+7)} + \ldots\right]^2 d\gamma \text{ (1)}$$

» Dans celle-ci, la somme des coefficients du polynôme entre crochets, en γ^2, est la valeur, multipliée par $\frac{\pi}{4}$, du dernier membre de (28), à la limite $y = b$ où le premier membre de (28) est 1 ; ce qui permet, en élevant au carré, de poser la relation, très importante pour les calculs suivants,

$$(32) \quad \left[\frac{m}{2} + \sum \frac{c_n}{(2n+3)(2n+5)} + \sum \frac{c_n}{(2n+5)(2n+7)} + \ldots\right]^2 = \frac{\pi^2}{16} = 0,61685.$$

» III. Réduisons encore à un seul, comme pour l'orifice circulaire, les coefficients $c_1, c_2, c_3, \ldots$, en choisissant celui d'entre eux qui, déterminé par (30), permettra le mieux de satisfaire à l'équation (31).

» La relation (30) donne ainsi, successivement, lorsqu'on réduit son

---

(1) En négligeant sous le signe $\int$ les termes en $\gamma^2, \gamma^4, \ldots$, essentiellement positifs d'après leur provenance au second membre de (28), il vient l'inégalité du second degré $\frac{m}{2} > \frac{1}{4} + \frac{m^2}{\pi^2}$, qui, résolue, donne comme limite inférieure de m, dans toute hypothèse possible sur le mode de répartition du débit,

$$\frac{\pi^2}{4}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{4}{\pi^2}}\right) = \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4}{\pi^2}}\right)^{-1} = 0,565.$$

premier membre à un seul terme,

$$(33)\quad c_1 = 2{,}6424,\quad c_2 = 4{,}4040,\quad c_3 = 6{,}1656,\quad c_4 = 7{,}9272,\quad c_5 = 9{,}6888,\quad \ldots;$$

et il résulte alors de (27), pour les moitiés des coefficients de contraction correspondants,

$$(34)\quad \frac{m_1}{2} = 0{,}4062,\quad \frac{m_2}{2} = 0{,}3558,\quad \frac{m_3}{2} = 0{,}3279,\quad \frac{m_4}{2} = 0{,}3101,\quad \frac{m_5}{2} = 0{,}2978,\quad \ldots.$$

» Quant à la série qui figure, sous le signe $\int$, au second membre de (31), elle reçoit les expressions respectives

$$(0{,}4062 + 0{,}1215\gamma^2 + 0{,}0617\gamma^4 + \ldots)^2 = 0{,}1650 + 0{,}0987\gamma^2 + 0{,}0648\gamma^4 + \ldots,$$

$$(0{,}3558 + 0{,}1159\gamma^2 + 0{,}0642\gamma^4 + \ldots)^2 = 0{,}1266 + 0{,}0825\gamma^2 + 0{,}0591\gamma^4 + \ldots,$$

$$\left\{\begin{aligned} &(0{,}3279 + 0{,}1083\gamma^2 + 0{,}0628\gamma^4 + 0{,}0426\gamma^6 + \ldots)^2 \\ &= 0{,}1075 + 0{,}0710\gamma^2 + 0{,}0529\gamma^4 + 0{,}0415\gamma^6 + \ldots,\end{aligned}\right.$$

$$\left\{\begin{aligned} &(0{,}3101 + 0{,}1014\gamma^2 + 0{,}0604\gamma^4 + 0{,}0420\gamma^6 + 0{,}0315\gamma^8 + 0{,}0247\gamma^{10} + 0{,}0200\gamma^{12} + \ldots)^2 \\ &= 0{,}0961 + 0{,}0629\gamma^2 + 0{,}0477\gamma^4 + 0{,}0383\gamma^6 + 0{,}0317\gamma^8 + 0{,}0268\gamma^{10} + 0{,}0230\gamma^{12} + \ldots,\end{aligned}\right.$$

$$\left\{\begin{aligned} &(0{,}2978 + 0{,}0957\gamma^2 + 0{,}0577\gamma^4 + 0{,}0409\gamma^6 + 0{,}0313\gamma^8 + \ldots)^2 \\ &= 0{,}0887 + 0{,}0570\gamma^2 + 0{,}0435\gamma^4 + 0{,}0354\gamma^6 + 0{,}0298\gamma^8 + \ldots,\end{aligned}\right.$$

. . . .

» En vertu de (32), les sommes des coefficients non écrits explicitement aux seconds membres égalent les excédents respectifs de $\frac{\pi^2}{16}$, ou de 0,61685, sur les sommes des coefficients écrits, qui sont, respectivement, au nombre de 3, 3, 4, 7, 5, ... On trouve ainsi, pour ces excédents,

$$0{,}2883,\quad 0{,}3486,\quad 0{,}3439,\quad 0{,}2903,\quad 0{,}3625,\quad \ldots.$$

Et comme les coefficients successifs dont ils expriment les sommes acquerraient en diviseur, par le fait de l'intégration définie indiquée au second membre de (31), les divers impairs supérieurs à 5, 5, 7, 13, 9, ..., le résultat total de cette intégration comprendra : 1° l'intégrale fournie par la partie explicitement écrite, savoir $0{,}1650 + \frac{0{,}0987}{3} + \frac{0{,}0648}{5}$, etc., ou, tous calculs faits,

$$(35)\quad 0{,}2108,\quad 0{,}1659,\quad 0{,}1477,\quad 0{,}1399,\quad 0{,}1247,\quad \ldots;$$

2° une partie notable, mais inconnue, des quotients $\frac{0{,}2883}{7}$, $\frac{0{,}3486}{7}$, $\frac{0{,}3439}{9}$,

$\frac{0,2903}{15}$, $\frac{0,3625}{11}$, ..., qui sont

(36) 0,0412, 0,0498, 0,0382, 0,0194, 0,0330, ...

» Dans les trois premiers cas, l'intégrale définie n'atteint donc pas les valeurs

$$0,2108+0,0412=0,2520,\quad 0,1659+0,0498=0,2157,\quad 0,1477+0,0382=0,1859,$$

et le second membre de (31) est, par suite, assez au-dessous, respectivement, de

$$\frac{1}{4}+\frac{4}{\pi^2}(0,2520)=0,3521,\quad \frac{1}{4}+\frac{4}{\pi^2}(0,2157)=0,3374,\quad \frac{1}{4}+\frac{4}{\pi^2}(0,1859)=0,3253,$$

nombres moindres eux-mêmes que le premier membre, égal, d'après (34), à 0,4062, 0,3558, 0,3279.

» Au contraire, dans les cas qui suivent le quatrième, l'intégrale définie figurant au second membre de (31) excède d'une manière sensible sa partie explicitement calculée 0,1247, ...; et ce second membre dépasse par suite, assez notablement, les quantités $\frac{1}{4}+\frac{4}{\pi^2}(0,1247)=0,3005$, ..., qui sont, néanmoins, supérieures au premier membre $\frac{1}{2}m^5=0,2978$, ...

» IV. Ainsi le seul cas qui puisse convenir est le quatrième, où les deux coefficients conservés dans l'expression (25) ou (25 *bis*) de la répartition du débit sont $c_0=0,690$ et $c_4=7,9272$. Alors l'intégrale définie à évaluer dans le second membre de (31), égale à la somme de 0,1399 et d'une partie notable, mais inconnue, de 0,0194, peut s'écrire, en appelant θ un nombre positif sensiblement inférieur à l'unité,

$$0,1399+(0,0194)\frac{1\pm\theta}{2}=0,1495\pm0,0097\theta.$$

Le second membre de (31) devient, par suite,

$$(37)\qquad \frac{1}{4}+\frac{4}{\pi^2}(0,1495\pm0,0097\theta)=0,3106\pm0,0039\theta;$$

ce qui ne diffère pas sensiblement du premier membre, 0,3101 d'après (34). Les valeurs $c_0=0,690$, $c_4=7,9272$ vérifient donc, à très peu près, toutes les conditions imposées, et elles correspondent à un coefficient théorique de contraction double de 0,3101 ou exprimé, sauf écart négligeable, par la formule

$$(38)\qquad m=0,62.$$

» V. C'est ce que confirme assez bien l'observation, puisqu'elle a donné à M. Bazin 0,626 pour m, ou, plutôt, pour le coefficient de débit, que devait renforcer légèrement une certaine *non-pression* constatée dans l'axe de la veine et produisant un surcroît de hauteur de charge dont fait abstraction la formule usuelle $m\sqrt{2gh}$. Il en résulte que le débit par unité d'aire, aux diverses distances $\eta = b\sqrt{s}$ de l'axe longitudinal de l'orifice, doit admettre, d'après (25) et (25 *bis*), l'expression approchée

$$(39)\quad \begin{cases} V_0 f\left(\frac{\eta^2}{b^2}\right) = V_0\left(0,690 + 7,9272\frac{\eta^8}{b^8}\right)\left(1 - \frac{\eta^2}{b^2}\right), \\ \text{ou}\qquad V_0 f(s) = V_0(0,690 + 7,9272 s^4)(1 - s). \end{cases}$$

Le dernier membre, divisé par $7,9272\,V_0$, a pour dérivée

$$(40)\qquad -5s^4 + 4s^3 - 0,087042,$$

trinôme que l'on reconnaît, à l'inspection de sa propre dérivée $4s^2(3 - 5s)$, croître de $s = 0$ à $s = \frac{3}{5}$, pour décroître ensuite. Comme ce trinôme, pour s ou nul, ou égal à 1, se trouve avoir le signe *moins*, contraire à celui de son maximum correspondant à $s = \frac{3}{5}$, les racines qui l'annulent sont au nombre de deux, entre les limites à considérer $s = 0$, $s = 1$. Négatif au-dessous de la première racine $s = 0,33438$, il est ensuite positif jusqu'à ce que s atteigne la seconde racine, 0,7604, pour redevenir et rester négatif au delà. Donc la composante longitudinale de la vitesse $V_0 f(s)$, débit, par unité d'aire, des diverses parties de l'orifice, décroît quand on s'éloigne de l'axe (malgré la lente augmentation de la vitesse totale V) à raison de l'inclinaison qu'y présentent les filets fluides; et ce décroissement a lieu jusqu'à la distance $\pm\eta = \sqrt{0,33438}\,b = 0,57826\,b$ de part et d'autre de l'axe, distance où le débit par unité d'aire atteint son minimum $0,5252\,V_0$. Au delà, il croît, à raison de l'influence prépondérante de l'accroissement des vitesses V, lorsqu'on s'éloigne de l'axe où celles-ci étaient le plus réduites par l'excès de pression dû aux forces centrifuges; et il atteint ainsi son maximum, $0,8003\,V_0$, à la distance $\pm\eta = \sqrt{0,7604}\,b = 0,8720\,b$ de part et d'autre de l'axe. Plus loin de celui-ci, l'influence des inclinaisons, désormais très grandes, des filets, prédomine de nouveau et de plus en plus, jusqu'à annuler enfin le débit par unité d'aire sur les deux bords $\eta = \pm b$, où, cependant, la vitesse totale V atteint son maximum V_0 ([1]). »

([1]) En résumé, tant dans le cas de l'orifice rectangulaire allongé que dans celui de l'orifice circulaire, nous avons pu satisfaire assez facilement aux conditions que devait

OPTIQUE. — *Sur l'absorption de la tourmaline.* Note de M. **A. Potier.**

« Dans la séance du 12 mars, M. Carvallo a présenté une Note sur l'absorption cristalline, dont la conclusion est qu'on doit rejeter toutes les théories proposées jusqu'ici pour expliquer la propagation de la lumière dans les cristaux.

» Cette conclusion serait une conséquence nécessaire du fait suivant, que M. Carvallo croit avoir établi : l'absorption de la lumière par une lame cristalline d'épaisseur $e + e'$ serait plus faible que l'absorption exercée par deux lames superposées d'épaisseur e et e'. L'auteur n'a pas vérifié directement cette loi; sans vouloir discuter la valeur des raisonnements qui l'ont conduit à cet énoncé, j'ai cru utile, vu la gravité des conséquences qu'on peut en tirer, de le soumettre au contrôle de l'expérience directe.

» Sur une plaque de verre, on a fixé : 1° une plaque prise dans un cristal de tourmaline, et faisant un angle de 40° avec l'axe, son épaisseur est de $1670\,\mu$; 2° un système de deux autres lames, dont les épaisseurs sont respectivement $842\,\mu$ et $829\,\mu$, prises dans le même cristal de part et d'autre de la première. Ces deux lames sont réunies par un peu de térébenthine et juxtaposées à la première avec la même orientation. D'après la Note citée, la lumière transmise par le système des deux lames devrait être égale à celle transmise par la lame unique quand le rayon extraordinaire est perpendiculaire à l'axe, quatre fois plus faible quand il fait un angle à 45°, et seize fois plus faible quand cet angle est de 30°; l'expérience montre que si l'on opère dans l'air, ce qui permet de faire varier cet angle de 20° à 80° sans dépasser des incidences de 50°, ou dans l'huile, ce qui permet de le faire varier de 0° à 90°, la transparence des deux lames est la même que celle de la lame unique pour toutes les incidences, conformément aux idées généralement adoptées.

» Par conséquent, c'est avec raison qu'on représente l'intensité de la lumière transmise par un milieu cristallin sous l'épaisseur z par la formule e^{-hz}, h étant une fonction de la direction de la vibration. »

---

vérifier le mode de répartition du débit, en adoptant pour la fonction entière f la forme $(a + bs^m)(1 - s)$, c'est-à-dire en comprenant un *exposant* au nombre de ses paramètres disponibles.

CHIMIE MINÉRALE. — *Recherches sur l'acide persulfurique et ses sels;* par M. **Berthelot.**

« Depuis la découverte de l'acide persulfurique, d'abord à l'état d'anhydride formé par l'effluve ([1]), puis à l'état d'hydrate engendré pendant l'électrolyse ([2]), ce corps intéressant a été l'objet des recherches de plusieurs physiciens et chimistes.

» Dans ces derniers temps, M. H. Marshall ([3]) a réussi à obtenir à l'état cristallisé et en quantité notable les sels, jusque-là seulement entrevus : ses résultats ont une grande importance. Je les ai reproduits et j'en ai tiré parti pour approfondir davantage l'étude de l'acide persulfurique, principalement au point de vue thermochimique.

» Voici mes observations :

» *Préparation des persulfates.* — On obtient sous forme cristallisée, du premier coup, les persulfates de potasse et d'ammoniaque par électrolyse, au moyen de l'appareil même employé pour la préparation de l'acide persulfurique, appareil figuré dans les *Annales de Chimie,* 5e série, t. XXI, p. 182, et qui consiste en un vase poreux, entouré d'un autre vase, refroidis l'un et l'autre par un courant d'eau froide. Le vase interne, d'une capacité de 150cc, par exemple, est rempli avec une dissolution aussi concentrée que possible de sulfate de potasse, ou de sulfate d'ammoniaque, dans de l'acide sulfurique étendu de 6 à 8 volumes d'eau. Le vase extérieur renferme seulement de l'acide sulfurique étendu d'eau.

» Le pôle positif, plongé dans le vase intérieur, est formé par un gros fil de platine, de façon à donner une forte densité au courant et à prévenir la décomposition de l'acide persulfurique au contact d'une grande surface de platine : ce point est essentiel ([4]).

» Le pôle négatif est constitué, au contraire, par une très large lame de platine. On emploie un courant de 3 ampères, fourni par des accumulateurs.

([1]) *Annales de Chim. et de Phys.*, 5e série, t. XIV, p. 345; 1878.

([2]) *Annales de Chim. et de Phys.*, 5e s., t. XIV, p. 354, et t. XXI, p. 181; 1880.

([3]) *Journal of the Chemical Society, Transactions;* 1891.

([4]) M. Marshall dispose les pôles en ordre inverse, ce qui fournit de moindres rendements.

» Au bout de quinze à vingt heures, le vase poreux se trouve rempli de beaux cristaux de persulfate. On obtient ainsi 20^{gr} à 25^{gr} de persulfate de potasse par opération. Avec le sulfate d'ammoniaque, plus soluble que celui de potasse, les rendements s'élèvent à 40^{gr} et même 46^{gr}, par opération. On égoutte les cristaux sur une plaque de porcelaine dégourdie, puis entre des papiers, et on les fait recristalliser, en les dissolvant dans la plus petite quantité d'eau tiède possible.

» Le persulfate de potasse est très peu soluble à froid, comme le perchlorate de potasse. Les sels de potasse et d'ammoniaque sont anhydres, S^2O^8K et S^2O^8Am en équivalents; ou bien, en atomes, $S^2O^8K^2$ et $S^2O^8Am^2$, formules que j'ai vérifiées. Une fois secs, ils sont assez stables. La dissolution neutre du persulfate de potasse attaque aussitôt le mercure, en formant un sulfate basique insoluble.

» Le persulfate de baryte s'obtient en décomposant le sel ammoniacal dissous dans deux fois son poids d'eau, par l'hydrate de baryte en excès; on expulse l'ammoniaque à froid au moyen du vide, opération qui exige plusieurs jours. Quand il n'en reste plus, et après vérification, on précipite l'excès de baryte par l'acide carbonique et l'on évapore dans le vide jusqu'à cristallisation, toujours à froid. Ce sel est notablement moins stable que ceux de potasse et d'ammoniaque; aussi en perd-on beaucoup pendant la préparation, la liqueur tendant continuellement à devenir acide et exigeant des additions successives de baryte. Le sel répond, d'après M. Marshall, à la formule $S^2O^8Ba, 4H^2O$.

» Il est assez difficile de l'obtenir exempt d'ammoniaque, probablement à cause de la formation d'un sel double.

» *Données thermochimiques*. — La connaissance de la chaleur de formation des persulfates exige la mesure de la chaleur dégagée par la dissolution des sels; celle de la chaleur de neutralisation; enfin celle de la chaleur développée par la transformation des sels en bisulfates et en oxygène libre.

» 1. Chaleur de dissolution. — *Persulfate de potasse :* $S^2O^8K^2 = 270^{gr}$.

1 partie de sel et 110 parties d'eau, à 9°,7	$-14^{Cal},36$	(4 déterm.)
» » à 5°,6	$-15^{Cal},34$	(2 déterm.)

» *Persulfate d'ammoniaque :* $S^2O^8H^2, 2AzH^3 = 228^{gr}$.

1 partie de sel et 125 parties d'eau, à 10°,5	$-9^{Cal},72$	(4 déterm.)

» *Persulfate de baryte :* $S^2O^8Ba, 4H^2O$.

1 partie de sel et 75 parties d'eau à 12° .... $-11^{Cal},80$. (2 déterm.)

» 2. Chaleur de neutralisation. — On la mesure en précipitant la baryte du persulfate, au moyen de l'acide sulfurique étendu; 8^{gr} de persulfate étant dissous dans 300^{cc} d'eau, on a obtenu, à 16°, pour $\frac{1}{2}SO^4Ba$ précipité :

Précipitation totale	....	$+4^{Cal},72$
Précipitation fractionnée,	première moitié.....	$+4^{Cal},62$
» »	troisième quart......	$+4^{Cal},80$

» Ces résultats montrent que la réaction est la même, depuis le commencement jusqu'à la fin.

» En admettant, à cette température,

$\frac{1}{2}SO^4H^2$ étendu $+ \frac{1}{2}(BaO, H^2O)$ étendu......... $+18^{Cal},5$

» On tire de là :

$\frac{1}{2}S^2O^8H^2$ étendu $+ \frac{1}{2}(BaO, H^2O)$ étendu .... $+13^{Cal},8$

» C'est le même chiffre que pour les acides hyposulfurique, chlorhydrique, azotique, etc.

» Si l'on prolonge ces mesures, la chaleur dégagée s'accroît lentement, par suite de la décomposition graduelle de l'acide persulfurique.

» On déduit de ce nombre, d'après des lois bien connues, la chaleur de neutralisation de l'acide persulfurique par la potasse et la soude, soit $+13^{Cal},7$; et par l'ammoniaque, $+12^{Cal},4$.

» L'acide sulfurique partage les bases avec l'acide persulfurique, sans le déplacer entièrement; car son action à équivalents égaux sur le persulfate d'ammoniaque a dégagé seulement $+0^{Cal},57$; chiffre probablement trop fort, à cause de la décomposition commençante du second acide.

» 3. Chaleur de formation de l'acide persulfurique et des persulfates. — Cette chaleur se déduit de la chaleur dégagée par la transformation de l'acide persulfurique en acide sulfurique et oxygène.

$$S^2O^8H^2 \text{ étendu} + H^2O = 2SO^4H^2 \text{ étendu} + O$$

ou bien encore par celle des persulfates, soit en bisulfates et oxygène

$$S^2O^8K^2 \text{ étendu} + H^2O = 2SO^4KH \text{ étendu} + O,$$

soit en sulfates, acide sulfurique libre et oxygène

$$S^2O^8Ba + H^2O + \text{eau} = SO^4Ba + SO^4H^2 \text{ étendu} + O.$$

» En fait, le persulfate de potasse pur, étant chauffé doucement, se décompose d'abord en oxygène et pyrosulfate

$$S^2O^8K^2 = S^2O^7K^2 + O.$$

» Ce dernier changement ne se prête pas aux mesures calorimétriques. Mais il en est autrement des premiers, à la condition toutefois d'absorber l'oxygène à mesure par un corps oxydable, tel que le sulfate ferreux, l'iodure de potassium, le chlorure stanneux, etc. J'ai choisi de préférence le sulfate ferreux, dissous et mêlé avec son équivalent d'acide sulfurique. Si l'on a soin d'en employer un excès notable d'un seul coup, la réaction est très rapide et complète à froid, dans le calorimètre. Mais la mesure calorimétrique s'applique à un phénomène complexe, en raison du changement survenu dans la saturation de l'acide sulfurique, et des actions spéciales exercées entre cet acide, le sulfate ferreux, le sulfate ferrique, et le bisulfate de potasse dérivé du persulfate potassique. Ces changements, comme je l'ai démontré ([1]), donnent lieu à certains dégagements et absorptions de chaleur, qui rendent illusoire ([2]) l'hypothèse des prétendues constantes thermochimiques d'oxydation, employées par certains auteurs dans ce genre de calculs. Si l'on veut procéder avec rigueur, il faut tourner la difficulté, de façon à ramener le calcul à la différence entre un état initial et un état final strictement définis.

» Pour atteindre ce but, je détermine avec rigueur les poids d'acide persulfurique (ou de persulfate) et d'eau employés. D'autre part, je prends un poids d'eau oxygénée, renfermant exactement autant d'oxygène disponible que l'acide persulfurique employé, et un poids d'acide sulfurique étendu, contenant exactement la même dose d'acide sulfurique que ce même acide persulfurique en produira par sa destruction. Je m'arrange pour que la dose d'eau soit pareille dans les deux cas, ainsi que l'excès d'acide sulfurique, s'il y a lieu. Cela fait, j'ajoute séparément à ces deux mélanges une dose identique de sulfate ferreux, mêlé d'acide sulfurique. Après réaction, les deux systèmes finaux sont identiques. Dès lors la différence entre les quantités de chaleur dégagées représente précisément la différence entre les chaleurs dégagées, l'une par la décomposition de

---

([1]) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XXX, p. 157, 161, 185, 203; 5e série, t. V, p. 344, 345.

([2]) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. V, p. 346, et surtout p. 349, 354, 355.

l'acide persulfurique en oxygène et acide sulfurique étendu ; l'autre par la décomposition de l'eau oxygénée en oxygène et eau.

» Dans le cas du persulfate de potasse (ou d'ammoniaque), on opère de même, avec cette différence que l'on ajoute à la liqueur renfermant l'eau oxygénée, des doses d'acide sulfurique et de sulfate de potasse (ou d'ammoniaque), précisément égales à celles qui résulteront de la décomposition du persulfate, employé dans l'expérience parallèle.

» Voici les résultats ainsi obtenus, rapportés à 16^{gr} d'oxygène :

	Cal
Acide persulfurique (obtenu au moyen du sel de baryte)	+82,4
Eau oxygénée équivalente, etc.	+68,9
	+13,5
Acide persulfurique (obtenu en saturant d'abord par la potasse l'acide préparé par électrolyse directe)	+82,2
Eau oxygénée, etc.	+68,8
	+13,4
	Cal
Persulfate de potasse, décomposé en présence d'un grand excès d'acide sulfurique	+81,9
Eau oxygénée, le système final étant identique	+68,9
	+13,0
Persulfate d'ammoniaque, décomposé en présence d'un grand excès d'acide sulfurique	+79,5
Eau oxygénée, le système final étant identique	+66,5
	+13,0

» Ces nombres sont aussi voisins qu'ils peuvent l'être, dans des essais de ce genre. J'ajouterai, pour plus de clarté, que la saturation de la potasse par un grand excès d'acide sulfurique étendu ([1]) dégage à peu près le même chiffre $(+15,8-1,9=13,9)$ qu'en présence de 1 équivalent d'acide persulfurique; ce qui explique pourquoi la différence des chaleurs de neutralisation n'intervient pas sensiblement dans les derniers essais.

» Je prendrai dès lors la moyenne générale, $+13^{Cal},2$: c'est l'excès de la chaleur dégagée par la séparation de l'oxygène excédent de l'acide persulfurique, comparé à l'eau oxygénée.

» D'après mes expériences antérieures ([2]), la décomposition de celle-ci

---

([1]) *Essai de Mécanique chimique*, t. II, p. 319.

([2]) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. VI, p. 213.

en eau et oxygène libre

$$H^2O^2 \text{ étendue} = H^2O + \text{eau} + O, \text{ dégage} \ldots\ldots \quad +21^{Cal},6$$

» Il en résulte que l'acide persulfurique, *tel qu'il existe dans ses sels dissous et qu'il peut en être dégagé*, lorsqu'il se décompose en acide sulfurique étendu et oxygène libre (16^{gr})

$$S^2O^8H^2 \text{ étendu} + H^2O = 2S^2O^4H^2 \text{ étendu} + O, \text{ dégage} \ldots \quad +13,2+21,6 = +34^{Cal},8$$

» La comparaison de ces nombres avec ceux que fournit l'acide préparé par électrolyse immédiate et sans union préalable avec une base donne lieu à une discussion très intéressante, que je réserve pour une prochaine Communication.

» Résumons l'ensemble des données précédentes, en donnant les chaleurs de formation de l'acide et de ses sels depuis les éléments.

» *Acide persulfurique.* — Acide depuis les éléments.

$$\left\{\begin{array}{ll} S^2 \text{ (octaédrique)} + O^8 + H^2 + \text{eau} = S^2O^8H^2 \text{ étendu} \ldots\ldots & +316^{Cal},2 \\ S^2 + O^7 + H^2O + \text{eau} = S^2O^8H^2 \text{ étendu} \ldots\ldots & +247^{Cal},2 \end{array}\right.$$

» *Sel de potasse.*

$$\left\{\begin{array}{ll} S^2O^8K^2 \text{ dissous} + H^2O = SO^4H^2 \text{ étendu} + SO^4K^2 \text{ étendu} + O, \text{ l'acide et} & \\ \quad \text{le sulfate étant supposés dissous dans des liqueurs séparées} \ldots\ldots & +38^{Cal},4 \\ \text{S'ils sont réunis dans la même liqueur (bisulfate), en présence de} & \\ \quad 400H^2O, \text{ et sans excès d'acide} \ldots\ldots & +36^{Cal},3 \end{array}\right.$$

$$\left\{\begin{array}{ll} S^2O^8K^2 \text{ anhydre} + H^2O \text{ solide} = 2SO^4KH \text{ solide} + O \ldots\ldots & +28^{Cal},1 \\ S^2O^8K^2 \text{ solide} + S^2O^7K^2 \text{ (pyrosulfate)} + O \ldots\ldots & +19^{Cal},5 \end{array}\right.$$

» Enfin depuis les éléments.

$$\left\{\begin{array}{ll} S^2 + O^8 + K^2 + \text{eau} = S^2O^8K^2 \text{ dissous} \ldots\ldots & +453^{Cal},6 \\ S^2 + O^8 + K^2 \quad = S^2O^8K^2 \text{ solide} \ldots\ldots & +439^{Cal},2 \end{array}\right.$$

» *Sel d'ammoniaque.*

$$\left\{\begin{array}{ll} S^2O^8H^2, 2AzH^3 \text{ dissous} + H^2O & \\ \quad = SO^4H^2 \text{ étendu} + SO^4H^2, 2AzH^3 \text{ étendu} + O, & \\ \quad\quad \text{l'acide et le sulfate étant supposés dissous dans des liqueurs séparées.} & +38^{Cal},4 \\ \text{S'ils sont réunis dans la même liqueur (bisulfate), en présence de} & \\ \quad 400H^2O \text{ et sans excès d'acide} \ldots\ldots & +37^{Cal},1 \end{array}\right.$$

$$S^2O^8H^2, 2AzH^3 \text{ anhydre} + H^2O \text{ solide} = 2(SO^4H^2, AzH^3) \text{ solide} + O \ldots \quad +27^{Cal},0$$

» Depuis les éléments.

$$\begin{cases} S^2 + O^8 + H^8 + Az^2 + \text{eau} = \text{sel dissous} \ldots\ldots & +383^{Cal},0 \\ S^2 + O^8 + H^8 + Az^2 = \text{sel solide} \ldots\ldots & +392^{Cal},7 \end{cases}$$

» La différence entre la chaleur de formation, depuis les éléments, des sels de potasse et d'ammoniaque, dans l'état solide, est + 60,1; c'est-à-dire sensiblement la même qu'entre les sulfates de potasse et d'ammoniaque solide, + 60,0; ce qui est conforme aux relations générales que j'ai signalées entre les chaleurs de formation des sels dérivés de l'association d'un même acide fort avec des métaux ou radicaux différents.

» *Sel de baryte.*

$$S^2O^8Ba \text{ dissous} + H^2O = SO^4Ba \text{ précipité} + SO^4H^2 \text{ étendu} + O \ldots \quad + 44^{Cal},2.$$

» Le sel n'étant pas connu à l'état anhydre, et la chaleur d'oxydation du baryum étant ignorée, on ne saurait pousser plus loin les calculs.

» Tirons quelques conséquences de ces nombres :

» On voit que la décomposition de l'acide persulfurique et des persulfates est exothermique. Aussi s'effectue-t-elle d'elle-même, l'acide et ses sels, à l'état de dissolution, se décomposant spontanément. D'après mes observations, la décomposition du sel de baryte est la plus rapide de toutes, et elle s'accentue davantage sous l'influence de la chaleur; ce qui s'explique, non pas à cause de la précipitation du sulfate de baryte, réaction non réversible et dès lors sans influence nécessaire sur l'accélération du phénomène, mais en raison de l'excès de chaleur dégagée ($+ 44^{Cal},2$; au lieu de $+ 34^{Cal}$ à $+ 36^{Cal}$).

» Le sel de potasse solide et sec ne m'a pas paru donner lieu à une décomposition appréciable, dans l'espace d'un mois; sans doute parce qu'il ne pourrait être décomposé qu'en pyrosulfate et oxygène, réaction qui produit seulement la moitié de la chaleur dégagée en présence de l'eau. L'état solide se prête d'ailleurs moins bien aux décompositions spontanées, en l'absence de toute trace d'eau susceptible d'établir le contact de proche en proche et de propager les réactions.

» Au contraire, en raison de la présence de l'eau de cristallisation dans le persulfate de baryte, ce sel solide se décompose plus aisément que le sel de potasse : l'eau déterminant la formation simultanée du sulfate de baryte et de l'acide sulfurique. Chaque molécule libre de ce dernier attaque ensuite les molécules salines voisines, de façon à les transformer en sulfate de baryte et acide persulfurique libre. Comme ledit acide est peu

stable, il se dédouble à son tour, en reproduisant 2 molécules d'acide sulfurique libre, et l'action se développe avec la rapidité croissante d'une progression géométrique. Le mécanisme devient le même que celui de la décomposition des éthylsulfates, que j'ai développé il y a bien des années.

» Examinons maintenant les conditions de formation de l'acide sulfurique et des persulfates. Une telle formation, à partir de l'oxygène libre, de l'acide sulfurique et des sulfates, est endothermique. Elle exige donc l'intervention d'une énergie étrangère aux actions chimiques réciproques et directes de ces composants. Cette énergie est fournie par l'électricité, dans les conditions que j'ai découvertes. Mais on peut aussi l'emprunter à des réactions chimiques auxiliaires, normales et exothermiques, par exemple, à l'hydratation de l'acide sulfurique concentré, à l'oxydation de la baryte anhydre et à la réaction de la baryte sur les acides pour former des sels.

» La baryte anhydre se change, en effet, en bioxyde, avec dégagement de chaleur, car d'après mes mesures

$$BaO + O = BaO^2 \ldots\ldots\ldots\ldots \quad +12^{Cal},1$$

» Cette quantité de chaleur est beaucoup plus faible que la chaleur dégagée par la formation des sels de baryte dissous. Par exemple,

$$BaO \text{ anhydre} + 2HCl \text{ étendu} = BaCl^2 \text{ dissous} + H^2O \ldots \quad +55^{Cal},6$$

On trouve dès lors dans la réaction d'un acide sur le bioxyde de baryum l'énergie qui doit être absorbée dans la constitution de l'eau oxygénée, car on a

$$+21^{Cal},6 < 55,6 - 12,1.$$

» L'eau oxygénée, à son tour, peut être changée en acide persulfurique, suivant des principes analogues. En solution étendue, la réaction n'est pas possible, attendu qu'elle absorberait de la chaleur, comme je viens de le montrer : soit $-13^{Cal},2$ par molécule d'eau oxygénée. Mais la théorie indique qu'il peut en être autrement en présence de l'acide sulfurique concentré, la chaleur d'hydratation de cet acide, soit $+36^{Cal},4$ pour $2SO^4H^2$, surpassant de beaucoup la chaleur absorbée dans la formation de l'acide persulfurique

$$2SO^4H^2 + H^2O^2 = S^2O^8H^2 + 2H^2O.$$

» J'ai, en effet, observé, dès l'origine, que l'acide persulfurique peut être ainsi obtenu. Toutefois sa formation n'a lieu qu'entre certaines li-

mites de concentration; ce qui se comprend, car en présence d'une grande quantité d'eau, l'acide sulfurique s'hydrate aussitôt aux dépens de l'eau, sans avoir le temps d'agir sur l'eau oxygénée. Au contraire, si l'acide sulfurique est en grand excès, il s'empare de l'eau de constitution de l'acide persulfurique, dont il détermine la destruction : probablement parce que la chaleur d'hydratation de ce dernier acide est moins considérable. Ainsi s'explique ce fait que, dans le cours de l'électrolyse de l'acide sulfurique, l'acide se concentrant continuellement par endosmose électrique, la formation de l'acide persulfurique passe par un maximum.

» Par exemple, par électrolyse, je n'ai pas réussi à dépasser 15^{gr} à 16^{gr} d'oxygène disponible au litre, c'est-à-dire 194^{gr} d'acide persulfurique, ce corps existant en présence d'un poids à peu près égal d'acide sulfurique. Quand on poursuit l'électrolyse, l'acide devenant plus concentré, l'acide persulfurique diminue ultérieurement et tend à disparaître.

» J'ai fait des observations analogues, en traitant le bioxyde de baryum (anhydre) par l'acide sulfurique concentré. On opère dans un vase mince entouré de glace et sur des quantités limitées de matière. On obtient ainsi de l'acide persulfurique, facile à constater en délayant ensuite ces produits dans l'eau pure. Mais si l'on poursuit l'addition du bioxyde de baryum, de façon à se rapprocher de plus en plus de la disparition totale de l'acide sulfurique, il arrive un moment où la masse, même constamment refroidie, émet en abondance des vapeurs épaisses, douées d'une odeur qui rappelle, à la fois, l'ozone et l'acide hypochloreux (anhydride persulfurique?). Au delà de ce terme, en diluant la masse dans l'eau, on ne retrouve plus qu'un peu d'eau oxygénée, sans acide persulfurique; celui-ci a été détruit, sans doute, à un certain degré de concentration.

» On voit, par ces observations, comment les conditions de formation et de décomposition de l'acide persulfurique et de ses sels sont étroitement liées avec les principes généraux de la Thermochimie. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *La stabilité des dunes du golfe de Gascogne et les dangers dont elles sont menacées;* par M. Chambrelent.

« Je viens exposer à l'Académie avec quelques courts détails, la situation actuelle des dunes qui bordent le littoral du golfe de Gascogne.

» Je vais résumer, en quelques mots, les travaux faits, les résultats obtenus, et surtout les dangers auxquels ces résultats me paraissent exposés en ce moment.

» Tout le monde connaît l'histoire des dunes de Gascogne et les dangers qu'elles offraient au siècle dernier. Il suffit de dire que les sables s'étaient élevés jusqu'au clocher des églises, qu'ils avaient envahi des villages entiers et qu'ils menaçaient d'arriver aux portes de Bordeaux, pour se faire une idée de leur masse, de leur hauteur et de leur extrême mobilité.

» Ces dunes présentaient un autre danger non moins grand qui tenait en partie à ce qu'il existe, en ce point des côtes de France, une situation particulière, unique je crois, sur toute la surface du globe.

» Il existe, en effet, entre l'embouchure de la Gironde et le bassin d'Arcachon, une longueur continue de plage de 120^{km}, sur laquelle arrivent les eaux d'un versant de près de 100000^{ha}; eh bien, cette grande masse d'eau rendue au rivage, ne trouve pas une seule issue pour arriver à la mer; pas une seule goutte de ces eaux ne peut passer à travers les sables pour s'écouler dans l'Océan.

» On comprend l'accumulation qu'elles devaient produire derrière les dunes. Ces masses d'eau avaient d'autant plus d'inconvénients qu'elles s'avançaient avec les dunes, dont la marche était ainsi précédée de l'inondation des terrains; elles formaient des marais qui allaient chaque jour en s'agrandissant.

» Aussitôt que la chaîne des dunes a été entièrement fixée, en 1861, on a creusé à leur base un long et large canal latéral qui conduit la totalité de ces eaux partie dans le bassin d'Arcachon, partie dans la Gironde, et dessèche entièrement le pays.

» Ce canal, qui n'a pas moins de 15^{m} de largeur sur le versant d'Arcachon, ne peut subsister, on le comprend, qu'à la condition que les dunes restent immobilisées; tout travail qui leur rendrait leur mobilité comblerait le grand évacuateur; l'écoulement des eaux s'arrêterait, et cette partie des Landes, assainie et mise en valeur aujourd'hui, se trouverait de nouveau compromise.

» On conçoit donc toute l'importance de maintenir la fixité de cette partie avancée de la chaîne. Nous insistons sur ce point parce que, ainsi que nous allons le voir, c'est en partie sur le flanc est de la dune la plus intérieure que l'on propose des cultures de vigne qui en détruiraient complètement la fixité.

» Du côté de la mer, il n'est pas moins nécessaire de veiller à la conservation de l'état actuel.

» Le but des premiers travaux de Brémontier a été d'arrêter le mouve-

ment des dunes déjà créées, et c'est là, en effet, le résultat qui a été obtenu en les couvrant de forêts; mais cette fixation des dunes créées n'a pas arrêté le phénomène, qui continuait à se produire sur le bord de la mer. La marée haute a continué à porter les sables sur la plage; les vents du large les prennent toujours à marée basse et les poussent toujours en avant; ils montaient sur les dunes plantées et avaient commencé déjà à couvrir les dunes les plus rapprochées de la mer, avant qu'on eût terminé la fixation de toute la chaîne. Ces nouveaux sables auraient fini, si on ne les eût pas arrêtés, par monter sur les dunes plantées, et en auraient formé de nouvelles encore plus élevées que celles qui venaient d'être fixées.

» Pour conjurer ce danger et arrêter, au rivage même, les nouveaux sables de la mer, on a eu recours à un moyen qui a consisté, en quelque sorte, à combattre le mal par le mal.

» Avant d'être fixées, les dunes marchaient en avant en vertu du profil que les vents de mer leur donnaient; elles se formaient à partir du rivage, avec une pente douce, du côté du vent; les sables venant de la mer montaient sur cette pente douce comme sur un plan incliné; arrivés à une certaine distance et à une certaine hauteur, ils s'éboulaient sous un talus rapide; le vent, les reprenant au bas du talus, formait un nouvel amas, de profil semblable, qui s'avançait à son tour et élargissait ainsi de plus en plus la chaîne.

» Pour empêcher les nouveaux sables apportés par la mer de s'avancer ainsi vers les terres, nous avons eu l'idée de provoquer sur la plage même d'où partaient ces sables une dune de profil contraire à celle qui marchait vers les terres. Nous avons développé peu à peu, par les moyens décrits dans un précédent Mémoire, une dune dont la forme est inverse de celles que créaient les vents pour pousser les sables en avant; elle oppose son talus raide au vent et est soutenue au contraire par derrière par un profil beaucoup plus doux.

» Cette dune, d'une hauteur de 10^{m} environ, est fixée à son sommet par une palissade en planches. Les sables de la plage que les vents du large poussent contre elle ne peuvent la franchir. Ils retombent à ses pieds où ils restent impuissants tant que dure le vent du large.

» Dès qu'arrivent au contraire les vents de terre, venant de l'est, ou les vents latéraux du nord-est ou du sud-est, le sable arrêté au pied du talus raide est rejeté à la mer. C'est ainsi une sorte de jeu de va-et-vient entre la dune et la mer, qui met la terre à l'abri de l'envahissement du sable.

» Les gens du pays ont défini cette dune d'une manière assez originale. Ils disent : pour empêcher la bête de marcher vers nous, on l'a retournée tête sur queue.

» L'effet de cette dune, que nous avons commencé à élever en 1857, a été complet depuis; elle a entièrement arrêté la marche des nouveaux sables sur les dunes plantées, mises ainsi à l'abri de tous nouveaux envahissements.

» Toute cette grande chaîne de dunes, qui va de la Gironde à l'Adour, sur 200^{km} de longueur et qui présente une surface de $80\,000^{ha}$, se trouve ainsi d'une stabilité parfaite et à l'abri de toute atteinte de causes extérieures, à la condition toutefois que la main de l'homme ne vienne détruire cette stabilité.

Or, il y a à faire, à cet égard, une remarque des plus importantes et sur laquelle on ne saurait trop appeler l'attention.

» Ce ne sont pas seulement les arbres qui assurent la parfaite fixité de la surface des sables; c'est aussi et c'est surtout ce qu'on appelle le *sous-bois*, ce sont les feuilles de pin, qu'on appelle des *aiguilles de pin*, dont le sol s'est tapissé peu à peu, les mousses, les végétations herbacées et arbustives qui forment sur le sol une sorte de carapace qui défend encore mieux la surface des sables contre les vents que la racine des arbres enfoncée dans l'intérieur.

» C'est ainsi que dans les dunes couvertes de forêts, nous avons pu ouvrir des garde-feu de 25^{m} à 30^{m} de largeur en abattant les arbres sur cette largeur, mais en y conservant avec le plus grand soin, en la rétablissant même quand elle est entamée, cette couche de détritus végétaux, d'herbes et d'arbustes si nécessaire à la stabilité de la surface.

» Eh bien, un professeur d'Agriculture, récemment envoyé dans le pays, a proposé d'élargir ces garde-feu à 70^{m} et 80^{m} et d'y faire la culture de pommes de terre sur une échelle assez grande pour en faire l'objet d'un produit d'exportation d'assez fort tonnage pour l'Angleterre.

» La culture de la pomme de terre, qui est une culture essentiellement sarclée, enlèverait dès les premiers jours cette couche préservatrice, cette carapace si indispensable à la stabilité du sable ; elle augmenterait même, par ses binages nécessaires, la mobilité ancienne de la dune. Le moindre vent couvrira la récolte, de manière à en détruire tout le produit, et les premiers vents un peu forts emporteraient au loin le champ cultivé à grands frais et entameraient certainement les parties plantées, qui seraient successivement déracinées par la première brèche faite.

» Ce serait là un effet désastreux absolument inévitable, que ne contestera pas une seule personne connaissant les lieux.

» Si l'auteur de la proposition avait pu voir par lui-même avec quels soins, avec quelle difficulté les gardiens des dunes parviennent à cultiver quelques légumes sur les 2 ou 3 ares de terrain placés à côté de leurs habitations, en couvrant cette petite étendue de sable de tout le fumier que leur donnent leurs chevaux, il aurait bien certainement reconnu toute la gravité de sa proposition et tous les dangers auxquels elle exposerait une stabilité acquise par tant d'efforts et de dépenses.

» Mais il y a plus; sur le versant est de la dune intérieure, c'est-à-dire sur le versant qui borde le vaste exutoire de 15^{m} de largeur, recevant les eaux de 100000^{ha} de landes assainies et mises en culture, le même professeur propose des cultures de vignes en grand.

» La culture de la vigne est encore une culture sarclée qui, en enlevant aux sables leur couche protectrice, les ferait repartir comme par le passé, avec beaucoup plus de rapidité, et ici ce ne serait pas la dune seulement qui serait mise en mouvement; ce qui serait encore plus grave, c'est que le sable viendrait combler le grand collecteur qui écoule aujourd'hui les eaux des landes. L'œuvre d'assainissement serait compromise.

» L'auteur du Mémoire propose, en outre, l'ouverture de 20^{km} à 25^{km} de chemins de fer volants sur la ligne de faîte de ces dunes, dont ses cultures troubleraient déjà tant la stabilité.

» Il suffit d'avoir vu une seule fois le profil des dunes, si tourmenté dans tous les sens, pour se faire une idée des difficultés et des dépenses que nécessiteraient ces chemins de fer et surtout du tort qu'ils porteraient à la fixité des sables pour apprécier encore ici ce qu'il y a d'étrange, pour ne pas dire plus, dans de telles propositions.

» Nous avions pensé que, quelle que fût la position de son auteur, le Mémoire se réfuterait assez par lui-même; mais ce Mémoire a été inséré *in extenso* dans le Bulletin officiel du Ministère de l'Agriculture, publié sur les fonds de l'enseignement agricole, et destiné à éclairer et diriger nos populations rurales; il y a plus, le Ministre de l'Agriculture, entrant dans les idées du Mémoire, vient de présenter une loi pour autoriser la concession temporaire, en vue de la *culture de la vigne*, de terrains gérés par l'Administration des forêts et situés dans les *dunes domaniales*.

» L'article 1er du projet ne spécifie, il est vrai, pour le moment, que les dunes non encore boisées de la Coubre, situées dans la Charente-Inférieure et qu'on a négligé de planter entièrement jusqu'ici, nous ne savons pour-

quoi; mais l'article 3 autorise le Ministre à faire à l'avenir, sans loi nouvelle, la concession de *tous autres terrains situés dans les dunes et destinés à être convertis en vignes*.

» Nous avons exposé les conséquences de toute culture sarclée dans les dunes. L'article 3 du projet de loi soumis au Parlement, en autorisant la concession de tous autres terrains situés dans les dunes, pour être cultivés en vigne, livre à la discrétion de l'Administration toute cette chaîne dont la stabilité d'ensemble importe tant pour le maintien de la masse totale.

» Et maintenant, messieurs, qu'on se demande de quel intérêt seraient ces cultures de vigne, si funestes à la fixation des dunes; donneraient-elles des résultats agricoles de nature à compenser en partie le mal qu'elles feraient? Nous n'hésitons pas à affirmer le contraire; nous n'hésitons pas à affirmer qu'elles ne donneraient que des désastres semblables à ceux qui se sont toujours produits jusqu'ici dans les sables siliceux de la contrée et qui ont ruiné tant de cultivateurs et tant d'actionnaires de ces fatales entreprises.

» La culture de la vigne est, de toutes les cultures à faire sous le climat du sud-ouest de la France, celle qui a été le plus expérimentée depuis un demi-siècle dans les sables siliceux qui bordent le littoral de l'Océan. Depuis près de cinquante ans, de nombreux cultivateurs ont consacré bien des efforts et surtout bien des capitaux à ces plantations de vignes dans les sables.

» Il ne reste pas aujourd'hui de tous ces essais si coûteux un seul vignoble qu'on puisse citer comme ayant donné un résultat réel.

» Les contrées de La Teste et d'Arcachon sont encore aujourd'hui sous l'impression d'un véritable désastre éprouvé dans les essais faits pendant ces deux dernières années dans la commune de Gujan-Mestras par M. le sénateur Feray d'Essonnes et la Société qu'il avait formée.

» Une plantation de 500^{ha} de vigne entreprise en 1877 dans ces mêmes sables a entraîné à une dépense de 1600000^{fr} et le vignoble tout entier, sans avoir donné une récolte sérieuse, n'a pu être vendu que 250000^{fr}, et l'acheteur n'a pu encore tirer aucun parti du terrain : la bruyère et l'ajonc ont recommencé à y pousser.

» Plus récemment encore, en 1882, une surface de terrains semblables de 2^{ha} a été mise à la disposition du directeur de la station agronomique de Bordeaux par le Ministre de l'Agriculture, M. de Mahy, pour cette culture de la vigne.

» Le Ministre, voulant être enfin parfaitement éclairé sur cette question, accorda au directeur, sur les fonds du budget, toutes les sommes nécessaires pour la plantation, les frais de culture, acquisitions d'engrais et toutes dépenses quelconques demandées pour les essais à faire.

» Quel fut le résultat de ces essais?

» Au bout de quatre ans, le directeur de culture qui en était officiellement chargé abandonnait son champ d'expériences en déclarant n'avoir rien pu y obtenir.

» Nous n'entendons pas toutefois conclure de ces insuccès si complets que la vigne ne peut pas venir dans les sables. Comme nous l'avons dit, on peut la cultiver sur des surfaces restreintes, autour des habitations, avec le fumier qu'on a sur la propriété et qu'on n'est pas obligé d'acheter et de porter à grands frais sur le terrain : on obtiendra ainsi une certaine récolte pour les habitants du pays.

» Mais quant à créer des vignobles par des concessions de sables faites au milieu de dunes où n'existent ni la population, ni les ressources en engrais nécessaires à de telles cultures, c'est s'exposer à des échecs aussi certains que le mal qui serait fait à la stabilité de ces sables, que tous nos efforts doivent tendre à augmenter de plus en plus; c'est aussi engager ceux qui demandent ces concessions dans une voie funeste où il serait bien plus convenable de les éclairer que de les encourager.

» Dans plusieurs publications que nous avons déjà produites et dont les chiffres n'ont jamais été contestés par personne, nous avons dit combien l'inexpérience et l'indifférence de ceux qui doivent éclairer les cultivateurs nous empêchent d'obtenir des augmentations de produits de plusieurs milliards que des soins de culture bien entendus nous permettraient de retirer de ce sol et de ce climat si fertiles de la France. Ici cette inexpérience et cette indifférence auraient des conséquences plus graves encore, car elles détruiraient des résultats acquis en créant de nouveaux désastres agricoles. »

CHIMIE AGRICOLE. — *Note de M.* **Dehérain** *accompagnant la présentation de son* « Traité de Chimie agricole ».

« Nous cherchons dans ce Volume comment, à l'aide d'espèces végétales appropriées au climat, au sol travaillé et enrichi, nous pourrons obtenir une quantité de matière organique telle que la vente couvrira nos dépenses et nous laissera un bénéfice.

» La Chimie agricole, en effet, n'est pas une science désintéressée; elle s'applique à rendre la culture rémunératrice.

» Pour qu'elle le soit, il faut assurer aux plantes qui couvrent les surfaces cultivées des conditions tellement favorables qu'elles élaborent le maximum de matières organiques : amidon, sucre, huile, cellulose, albumine. Élever les rendements est la mission de la science agricole, mission digne des plus grands efforts, puisque son succès diminue le nombre des créatures humaines qui souffrent de la faim ou pâtissent par manque d'une nourriture suffisante.

» S'il réussit à augmenter la masse de matières alimentaires que produit son domaine, le cultivateur sert à la fois l'intérêt général et sa propre fortune, car la prospérité agricole est bien mieux assurée par l'accroissement des rendements que par l'élévation des prix.

» Pour assurer à la plante les conditions d'existence les plus favorables, il faut connaître ces conditions; c'est à leur étude qu'est consacrée la première Partie de cet Ouvrage.

» Elle comprend les Chapitres : *germination*, *assimilation du carbone*, de l'*azote*, des *matières minérales*, *respiration et formation des principes immédiats*, *mouvement de l'eau dans la plante*, *accroissement et maturation*.

» L'ensemble des faits qui y sont exposés nous permet d'aborder utilement l'étude de la *terre arable*, qui forme la deuxième Partie; nous y exposons successivement le *mode de formation des terres arables*, leurs *propriétés physiques*, leur *composition*, leurs *propriétés absorbantes*, enfin les causes qui amènent la *stérilité*.

» La troisième et dernière Partie du *Traité de Chimie agricole* est consacrée aux amendements et aux engrais; à l'étude des amendements : *chaux*, *marnes*, *plâtre*, sont jointes celles de la *jachère* et des *irrigations*. Je m'occupe ensuite des *engrais végétaux*, des *engrais d'origine animale*, des *engrais azotés salins* : *nitrate de soude* et *sulfate d'ammoniaque*. Le Chapitre consacré au *fumier de ferme* est très étendu : j'y ai exposé plus complètement qu'on ne l'avait fait jusqu'à présent la série de fermentations et de réactions qui amènent les pailles à l'état de matières ulmiques.

» Les derniers Chapitres du *Traité* sont consacrés aux engrais minéraux : *phosphates*, *sels de potasse*; j'y expose en outre : les méthodes à suivre pour calculer les doses d'*engrais chimiques* complémentaires à employer dans diverses cultures.

» J'ai cherché, dans cet Ouvrage, non seulement à exposer l'état actuel de la Chimie agricole, mais à favoriser les recherches des chimistes des

stations agronomiques et des laboratoires agricoles, en décrivant les méthodes d'analyse; toutes ces notions techniques sont imprimées en petit texte.

» Depuis quelques années, l'agriculture cesse d'être purement empirique, elle devient une science; les praticiens n'acceptent plus sans les discuter les vieilles formules établies lentement par une longue série d'observations transmises d'une génération à l'autre; très sagement ils veulent non les abandonner, mais en comprendre la raison et les améliorer; pour y réussir, des connaissances positives leur sont nécessaires : j'ai essayé de les leur fournir. »

PALÉONTOLOGIE. — *Sur un genre nouveau d'Échinide crétacé,* Dipneustes aturicus *Arnaud.* Note de M. G. Cotteau.

« Un type nouveau d'Échinide a été récemment découvert dans la craie supérieure (danienne) de Rivières, près Tercis (Landes), par M. Arnaud, d'Angoulême, qui lui a donné le nom de *Dipneustes*.

» L'espèce unique rapportée à ce genre, *Dipneustes aturicus,* mérite de fixer l'attention : de taille assez grande, elle est remarquable par son aspect cordiforme; par sa face supérieure bombée et subcarénée au milieu; par sa face postérieure tronquée, rentrante, un peu évidée; par un sillon antérieur étroit et profond, entamant fortement l'ambitus et se prolongeant jusqu'au péristome, qui est labié; par ses aires ambulacraires paires antérieures si différentes des aires postérieures, les premières longues, droites, très excavées et formées en partie de pores larges et oblongs; les secondes courtes, subflexueuses, étroites, superficielles, composées dans toute leur étendue de pores très petits et presque microscopiques; par ses tubercules fins, serrés, saillants, homogènes; par son double fasciole péripétal et latéro-sous-anal. Le caractère tout à fait exceptionnel de ce type consiste dans la différence radicale qui existe entre les aires ambulacraires paires antérieures et les aires ambulacraires paires postérieures.

» Si le genre *Dipneustes*, par sa forme générale, par son aspect cordiforme, par sa face supérieure subcarénée, par son sillon antérieur profond et entamant l'ambitus, par ses aires ambulacraires paires antérieures longues et excavées, par son double fasciole péripétale et latéro-sous-anal, rappelle certaines espèces du genre *Schizaster*, il s'en éloigne

très nettement par la structure tout à fait anormale des aires ambulacraires paires postérieures. C'est la première fois qu'une différence aussi considérable est signalée chez une même espèce d'Échinide entre les aires paires antérieures et les aires postérieures. Par la structure des premières, le genre *Dipneustes* appartient à la famille des *Brissidées* et rappelle les *Micraster*, tandis que par les aires postérieures superficielles, il se rapproche de la famille des *Spatangidées*. C'est un type très curieux, je dirai presque étrange, et qui doit avoir sa place marquée dans l'évolution des Échinides; il se montre à la fin de la période crétacée, au moment où le grand genre *Micraster*, avec lequel il présente certaines affinités, va disparaître, et lorsque va bientôt se développer dans le terrain tertiaire une faune échinitique toute différente, les *Maretia*, les *Euspatangus*, les *Sarsella*, etc., aux aires ambulacraires superficielles, et aussi les *Schizaster*, les *Linthia*, les *Pericosmus* aux aires ambulacraires déprimées, comme celles des *Micraster*. »

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les Concours de 1892.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Prix Montyon (*Physiologie*). — MM. Marey, Brown-Séquard, Chauveau, Bouchard, Ranvier réunissent la majorité des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Charcot et de Lacaze-Duthiers.

Prix Pourat. — MM. Brown-Séquard, Chauveau, Ranvier, Charcot, Marey réunissent la majorité des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Bouchard et Sappey.

Prix Gay. — MM. Mascart, Cornu, Lippmann, Potier, Fizeau réunissent la majorité des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Becquerel et d'Abbadie.

Prix généraux (*Médaille Arago*). — MM. Bertrand, Faye, Berthelot, Fizeau, Hermite réunissent la majorité des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Daubrée et d'Abbadie.

Prix Montyon (*Arts insalubres*). — MM. Gautier, Schützenberger,

Troost, Schlœsing, Bouchard réunissent la majorité des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. le baron Larrey et Friedel.

Prix Trémont. — MM. Bertrand, Sarrau, Fizeau, Berthelot, Daubrée réunissent la majorité des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix sont MM. Faye et Lévy.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

M. **P. Dupont** adresse pour le concours du prix de Statistique, par l'entremise de M. Larrey, un Mémoire ayant pour titre : « Statistique médicale de Rochefort en 1887 (34e année) ».

(Renvoi au concours du prix de Statistique).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Un Ouvrage de M. *Ch. André* intitulé : « Relations des phénomènes météorologiques déduites de leurs variations diurnes et annuelles ». (Présenté par M. Mascart.)

ASTRONOMIE. — *Étude expérimentale de l'équation décimale dans les observations du Soleil et des planètes, faite à l'Observatoire de Lyon.* Note de MM. **Ch. André** et **F. Gonnessiat**, présentée par M. Mascart.

« Le dispositif expérimental employé dans cette étude diffère un peu de celui que nous avons décrit pour les étoiles [1], le problème à résoudre étant un peu différent lui-même à cause des dimensions du disque qu'il faut rendre instantanément visible en différents points successifs du champ, à des intervalles réguliers d'une seconde.

» Une lame métallique percée d'une ouverture de $0^m,04$ de diamètre,

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXIV, p. 157.

recevant à l'aide d'un miroir vertical incliné à 45° les rayons d'une lampe à arc placée latéralement, forme le disque lumineux à observer; lame et miroir sont portés par un chariot mobile, de telle sorte que ce disque, d'environ une minute de diamètre apparent, se déplace d'un mouvement uniforme dans le champ de la lunette d'observation : des contacts électriques disposés sur les rails donnent les positions de passages par les fils, correspondant à chaque bord du disque, au moyen de signaux inscrits par l'une des plumes d'un chronographe en regard des indications de temps dont il sera question plus loin, et que l'on combine avec des pointés micrométriques.

» La discontinuité de l'éclairement est obtenue comme il suit : la lumière de la lampe à arc traverse une première lentille qui en fait converger les rayons en une petite image de 3^{mm} à 4^{mm} sur une fente de même largeur, pratiquée dans une lame métallique portée à l'extrémité d'un pendule à secondes, oscillant dans un plan perpendiculaire à la direction du faisceau éclairant. A chaque oscillation du pendule, le faisceau entier traverse la fente pendant un temps très court (0^s,01 environ); une seconde lentille, ayant son foyer au même point que la première, reçoit ces rayons, les rend parallèles et les envoie sur le miroir réfléchissant.

» Le pendule est d'ailleurs muni d'un interrupteur électrique qui enregistre sur le chronographe, parallèlement aux contacts dont nous avons parlé, l'instant de son passage sur la verticale, c'est-à-dire de l'apparition du disque sur la lunette. On a ainsi tous les éléments nécessaires à la détermination des temps réels de passages par chaque fil de l'un ou l'autre bord de disque; la comparaison des valeurs ainsi obtenues à celles que donne l'observation fait connaître pour chaque observateur l'erreur provenant de l'*équation décimale* et permet d'étudier celle-ci.

» Nous donnons ici les résultats de trois séries d'observations comprenant chacune de 200 à 259 passages, faites par MM. Ch. André (C. A.), F. Gonnessiat (F. G.), et G.-L. Cadet (L. C.): la vitesse était, comme précédemment, la vitesse équatoriale.

	Sens direct.				Sens inverse.			
	Bord I.		Bord II.		Bord I.		Bord II.	
	ε.	c.	ε.	c.	ε.	c.	ε.	c.
C. A. . .	±0,059 s	+0,11 s	±0,041 s	−0,03 s	±0,060 s	−0,01 s	±0,043 s	+0,07 s
F. G. . .	±0,022	−0,05	±0,027	+0,03	±0,029	−0,04	±0,022	+0,04
L. C. . .	±0,040	+0,01	±0,025	−0,02	±0,042	0,00	±0,051	−0,01

» Bornons-nous encore à la constante c; ce Tableau montre que de l'équation décimale seule, et pour ce genre d'observations, résultent d'assez grandes différences dans les équations personnelles des différents observateurs; ces différences varient avec le bord observé et atteignent à peu près $0^s,1$ d'un bord à l'autre pour deux des observateurs, tandis qu'elle est sensiblement nulle pour le troisième : il serait donc important de tenir compte de cette erreur dans la détermination du diamètre solaire au moyen d'observations de passages.

» D'un autre côté, on doit conclure de ce qui précède, que le procédé des apparitions instantanées, essayé dans quelques observatoires, pour l'élimination des erreurs personnelles, ne présente qu'une garantie insuffisante. »

ASTRONOMIE. — *Sur la latitude obtenue à l'aide du grand cercle méridien de l'Observatoire de Paris.* Note de M. **Périgaud**, présentée par M. Mouchez.

« A la fin de l'année 1890, le grand cercle méridien de l'Observatoire a été pourvu d'un bain de mercure nouveau système, tel qu'on le trouve décrit au n° 13 du 1er semestre 1888 des *Comptes rendus*. A l'aide d'un escalier roulant, de manœuvre très facile, on peut effectuer les déterminations du nadir en se plaçant à volonté au nord ou au sud. Les images des fils du micromètre et des étoiles observées par réflexion sont généralement très bonnes, et sans que l'on puisse au juste en démêler la cause, bien meilleures qu'au cercle de Gambey.

» Aussitôt en possession du nouveau bain, je me suis empressé de déterminer la latitude au moyen d'observations directes et réfléchies de la Polaire dont la position peut être considérée comme suffisamment connue.

» Voici les résultats obtenus :

Observations directes. Dates.			Secondes de la latitude.	Observations réfléchies. Dates.		Secondes de la latitude.
1890.	Décembre	12...	10",8	1891. Janvier	25.....	10",8
	»	13...	11,0	»	26.....	10,7
1891.	Janvier	11...	11,7	»	27.....	11,4
	»	15...	11,0	»	30.....	10,9
	Février	8...	10,9	»	31.....	11,4
	»	22...	11,1			
	»	24...	10,8			

les observations réfléchies ayant été corrigées de 0",1 à cause de la distance du bain de mercure à la verticale passant par le centre de l'instrument.

» La température extérieure était fournie par un thermomètre placé près de l'objectif.

» Comme on n'aperçoit aucune différence entre les observations directes et les observations réfléchies, on peut, ce qui est plausible, supposer la flexion négligeable et prendre, pour représenter la latitude vraie, la moyenne de tous ces nombres, ce qui donne :

$$48^\circ 50' 11'',0.$$

» M. Boquet est arrivé au même résultat en prenant la moyenne d'une cinquantaine de latitudes obtenues de février en août 1891.

» Je rappellerai ici que Villarceau, en 1863, a trouvé, avec le cercle I de Rigaud, 48°50'10",47 et, en 1886, avec le cercle II de Rigaud, 48°50'11",13.

» En 1887, MM. Leveau et Renan, avec le cercle du jardin ont donné 48°50'10",8.

» Il n'est pas sans intérêt de rapprocher plusieurs des nombres obtenus jusqu'ici pour cette constante :

Cercle de Gambey (sept. et oct. 1888)......	48°50'10",9
Cercle de Gambey (1891).................	48.50.10,9
Grand méridien (1891)...................	48.50.11,0
Moyenne des résultats de Villarceau........	48.50.10,8
Cercle méridien du jardin (1887)..........	48.50.10,8

» Ces latitudes présentent un accord remarquable.

» La moyenne 48°50'10",9 résultant ainsi du concours de cinq instruments et de cinq observateurs, il semble permis de lui attribuer une haute précision. »

ASTRONOMIE. — *Sur une série de déterminations de la latitude, faites au grand cercle méridien de l'Observatoire de Paris*. Note de M. F. **Boquet**, présentée par M. Mouchez.

« Les observations suivantes de la Polaire (α Petite Ourse) ont été effectuées au grand instrument de l'Observatoire de Paris, spécialement dans le but de *rechercher la variabilité* de la latitude. Elles embrassent une

période de sept mois. Les lectures du cercle ont toujours été faites sur le même trait : la détermination du nadir suivait ou précédait de très près celle de la position de la Polaire, un quart d'heure au maximum. Il a été fait, en moyenne, trois séries de dix pointés sur la Polaire et deux groupes de dix pointés sur le nadir. Le cercle était lu avant et après chaque série de pointés, soit quatre lectures pour l'étoile et trois pour le nadir.

» Nous avons pris les moyennes mensuelles. L'éphéméride adoptée pour la distance polaire de α Petite Ourse est celle de la *Connaissance des Temps*, avec une correction de $-0'',1$ à la déclinaison. Cette correction a été fournie par de nombreuses séries d'observations de passages supérieurs et inférieurs effectuées par M. Périgaud au cercle mural de Gambey.

» Nous donnons, dans le Tableau ci-dessous, les résultats obtenus; toutes les observations ont été faites de jour :

Dates.	Passage observé.	Latitude conclue.	Nombre d'observations.
1891. Février	S	48°.50'.10'',9	14
Mars	S	11,2	4
Avril	S	11,2	7
Mai	S	11,0	5
Juillet	I	10,9	6
Août	I	10,9	7

» En juin, il n'a été possible d'effectuer que deux observations, dont une incomplète. Quoique la moyenne obtenue s'écartât très peu des nombres ci-dessus, nous ne l'avons pas fait figurer dans le Tableau.

» On n'aperçoit dans la marche de ces nombres aucune trace de la loi qu'on a cru découvrir dans d'autres Observatoires. Cette conclusion se trouve entièrement confirmée par les résultats parallèles obtenus dans la même période de temps, au cercle mural de Gambey, par M. Périgaud. »

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète Swift* (1892, *mars* 6) *et de la comète Denning* (1892, *mars* 18), *faites au grand équatorial de l'Observatoire de Bordeaux,* par MM. G. Rayet et L. Picart. Note de M. G. Rayet.

Comète Swift (1892, mars 6).

Dates 1892.	Temps moyen de Bordeaux.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.	Étoiles.	Observ.
	h m s	h m s		° ′ ″			
Mars 25.....	16.17.21,4	20.22.15,59	$-\bar{1}$,565	103.54.59,0	−0,839	1	L. Picart
31.....	16.32.17,5	20.47.28,18	$-\bar{1}$,537	98. 9.45,0	−0,828	2	L. Picart
Avril 1.....	16.14.37,7	20.51.18,41	$-\bar{1}$,558	96.26.58,6	−0,819	3	L. Picart
2.....	16.22.35,1	20.55.12,23	$-\bar{1}$,547	95.23.17,9	−0,818	4	G. Rayet
3.....	16.36.29,2	20.59. 3,87	$-\bar{1}$,527	94.20. 1,0	−0,815	5	G. Rayet
4.....	16. 1.48,8	21. 2.46,53	$-\bar{1}$,569	93.18. 2,9	−0,808	6	L. Picart
8.....	16.11.27,7	21.17.39,81	$-\bar{1}$,553	89. 9.48,6	−0,793	7	G. Rayet

Comète Denning (1892, mars 18).

Dates 1891.	Temps moyen de Bordeaux.	Ascension droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Distance polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.	Étoiles.	Observ.
	h m s	h m s		° ′ ″			
Mars 31.....	9.32.27,7	0. 0.59,66	$+\bar{1}$,594	29.22.40,4	−0,900	8	G. Rayet
Avril 3.....	8.54.33,0	0.18.19,33	$+\bar{1}$,729	29.18.57,5	−0,869	9	G. Rayet

Positions moyennes des étoiles de comparaison pour 1892,0.

Étoiles.	Catalogue.	Ascension droite moyenne.	Réduction au jour.	Distance polaire moyenne.	Réduction au jour.
		h m s	s	° ′ ″	″
1..	Schjellerup, n° 8030	20.20.15,97	−0,64	103.54. 8,7	+ 9,56
2..	Lalande, n° 40345, Verseau	20.48.13,68	−0,62	97.17.44,4	+11,73
3..	Annales de l'Obs. de Bogenhausen, n° 26544	20.49.43,25	−0,60	96.26.45,9	+11,00
4..	Weisse$_1$. H. XX, n° 1250	20.50.59,16	−0,58	95.22.19,5	+11,22
5..	Weisse$_1$. H. XXI, n° 5	21. 3.41,66	−0,62	94.19.54,7	+11,46
6..	Annales de l'Obs. de Bogenhausen, n° 27121	20.59. 7,79	−0,58	93.25.45,3	+11,51
7..	½[Weisse$_1$. H. XXI, n° 326. — Catalogue de Glasgow, n° 5436]	21.16.20,35	−0,58	89. 5.47,7	+12,12
8..	Helsingfors-Gotha, n° 14657	23.59.31,10	−3,32	29.17.14,8	+ 7,79
9..	Helsingfors-Gotha, n° 316	0.20.34,59	−3,28	29.11. 9,8	+ 7,86

» La comète Swift est très brillante avec un noyau de 7e-8e grandeur,

une chevelure de 8′ de diamètre et une trace de queue. La comète Denning est très faible. »

ASTRONOMIE. — *Sur la théorie des satellites de Jupiter.* Note de M. **J.-J. Landerer**, présentée par M. Janssen.

« Le travail que j'ai l'honneur de communiquer aujourd'hui à l'Académie a été entrepris dans le but de soumettre au contrôle de l'observation la théorie des satellites de Jupiter, de M. Souillart. Un seul cas excepté, il ne contient que les éclipses et les passages des ombres dont le commencement et la fin ont pu être observés par des circonstances atmosphériques irréprochables. Jusqu'en 1889 l'instrument employé a été une lunette de 108^{mm} d'ouverture, armée d'un grossissement de 180; à partir de cette époque, une lunette de 135^{mm}, avec un grossissement de 220. A moins d'indication contraire, il n'y est question que de mes propres observations.

» Quoique relativement à l'instant de la conjonction déduite de l'observation il puisse y avoir une incertitude de quelques minutes, les demi-durées ont été déterminées en calculant la latitude du satellite, ainsi que les divers éléments qui s'y rapportent, pour l'instant ainsi déduit. En raison du but proposé, ce procédé était naturellement le plus logique, d'autant plus que l'erreur qui en peut résulter pour la demi-durée est bien négligeable. Remarquons en outre qu'elle l'est davantage lorsqu'il s'agit, et c'est ici souvent le cas, des phénomènes observés loin des nœuds.

» Dans l'observation des passages des ombres on a eu égard à deux corrections, relatives à la diffraction et à la distance de la corde parcourue au grand axe du disque. Il est aisé de comprendre jusqu'à quel point ces deux causes, trop souvent négligées, tendent à raccourcir en apparence la durée du passage, surtout quand il s'agit des ombres des troisième et du quatrième satellite observées près des bords polaires.

» En élargissant un peu le cadre de cette étude il ne sera peut-être pas déplacé de signaler aussi le résultat du calcul de l'éclipse du quatrième satellite qui, d'après la *Connaissance des Temps,* doit avoir lieu, le 16 avril de la présente année, et dont la demi-durée serait de $20^m 44^s$. D'après le nouveau calcul le satellite doit se trouver, au moment de la conjonction, en dehors de la section de l'ombre, à 3′ de son bord boréal; partant en dehors aussi de l'anneau de la pénombre que l'on pourrait estimer comme étant réellement efficace.

» De l'ensemble des faits que je vais exposer tout à l'heure il ressort un accord satisfaisant entre la théorie et l'observation, du moins dans le degré de précision que ces observations comportent. Une légère particularité mérite à peine d'être signalée. En admettant qu'au 1er janvier 1850 la valeur de la constante γ_4 était de $314°46'16'',56$, l'accord de l'ensemble s'établit moins bien qu'en adoptant une valeur un peu moindre. Je me suis arrêté à $314°45'0''$. La vraie valeur doit différer très peu de $314°45'10''$.

» Dans la liste suivante les éclipses et les passages des ombres sont inscrits par ordre de latitude croissante, en faisant abstraction du signe. Les demi-durées sont exprimées en minutes et secondes.

Éclipses.

Satellite.	Date.	Demi-durée calculée.	Demi-durée observée.	Demi-durée *Connaissance des Temps.*	Diff. calc. — obs.
		m s	m s	m s	m s
III	1890 Oct. 19......	105.18	105.00	106.27	0.18
III	1887 Mars 3......	53.32	53.52	56.10	—0.20
III	1876 Mars 14......	47.59	47.41 (1)	50. 4	0.18
III	1887 Juillet 3......	45.32	44.56	49. 0	0.36
III	1881 Sept. 18......	43.58	44.25	46.48	—0.27
IV	1890 Août 5......	133.34	133.41	137.10	—0. 7
IV	1885 Févr. 2......	132.52	133.56	137.55	—1. 4
IV	1878 Juin 26......	123.29	123.24 (2)	127.40	—0. 5
IV	1891 Sept. 28......	105.35	105. 2	110.42	0.33
IV	1883 Avril 4......	35. 5	34.11	43. 3	0.54

Passages des ombres.

Satellite.	Date.	Demi-durée calculée.	Demi-durée observée.	Demi-durée *Connaissance des Temps.*	Diff. calc. — obs.
		m s	m s	m s	m s
I.......	1889 Juillet 30......	65.41	65.32	»	0. 9
I.......	1887 Avril 29.......	63.12	63. 0	»	0.12
II......	1888 Juin 15.......	58.11	59.14	»	—1. 3
III	1891 Novembre 28...	90.56	92. 2	98. 0	—1. 6
III	1889 Septembre 9...	88.38	86.24	»	2.14
III	1887 Mars 28.......	54.43	53. 9	»	1.34
III	1887 Mai 3.........	51.28	51.50	»	—0.22

(1) Observation de M. Jean, faite à l'Observatoire de Toulouse, à l'aide d'une lunette de 15cm.

(2) Observation de M. Perrotin, faite à l'aide d'une lunette de 108mm.

Satellite.	Date.	Demi-durée calculée.	Demi-durée observée.	Demi-durée Connaissance des Temps.	Diff. calc. — obs.
		m s	m s	m s	m s
III	1881 Décembre 31 ..	48.23	49.21	»	—0.58
IV	1891 Septembre 3...	113.30	113.54	124. 0	—0.24
IV	1891 Novembre 9...	97.58 (1)	97.20	109.30	0.38
IV	1889 Juillet 24	35.22	36.10	»	—0.48

MÉCANIQUE. — *Sur les transformations en Mécanique.* Note de M. P. PAINLEVÉ, présentée par M. Darboux.

« Soit $T(q'_1, \ldots, q'_k, q_1, \ldots, q_k)$ et $T_1(q'_1, \ldots, q'_k, q_1, \ldots, q_k)$ deux formes quadratiques des variables q'_i, dont les discriminants Δ et Δ_1 sont différents de zéro et qui, par suite, peuvent toujours être regardées comme les demi-forces vives de deux systèmes matériels S et S_1. Soit, d'autre part, Q_i et Q'_i des fonctions quelconques de $q_1, q_2, \ldots, q_k$. Écrivons les deux systèmes d'équations de Lagrange

$$(1)\qquad \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial T}{\partial q'_i}\right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} = Q_i, \qquad q'_i = \frac{dq_i}{dt}$$

et

$$(2)\qquad \frac{d}{dt_1}\left(\frac{\partial T_1}{\partial q'_i}\right) - \frac{\partial T_1}{\partial q_i} = Q'_i, \qquad q'_i = \frac{dq_i}{dt_1} \qquad [i = 1, 2, \ldots, k].$$

Les équations (1) définissent $q_2, q_3, \ldots, q_k$, par exemple, en fonction de q_1 et de $(2k-1)$ constantes arbitraires; le nombre des constantes s'abaisse toutefois à $(2k-2)$ si les Q_i sont nuls, *et seulement dans ce cas* (quand les Q_i ne dépendent pas des q'). La même remarque s'applique aux équations (2).

» La question que nous nous posons est la suivante : *Étant donné un système d'équations* (1), *former tous les systèmes* (2) *tels que les relations entre les q_i définies par* (1) *et par* (2) *coïncident.*

» A cette question se ramène aussitôt le problème plus général : *Étant données les équations* (1), *former tous les systèmes d'équations* (3),

$$(3)\quad \frac{d}{dt_1}\left(\frac{\partial T'}{\partial r'_i}\right) - \frac{\partial T'}{\partial r_i} = R_i(r_1, r_2, \ldots, r_k), \qquad r'_i = \frac{dr_i}{dt_1}, \qquad (i = 1, 2, \ldots, k),$$

tels que les relations entre les r_i définies par (3) *se déduisent des relations entre les q_i définies par* (1) *par un changement de variables* $q_i = \varphi_i(r_1, r_2, \ldots, r_k)$;

(1) Observation de la première moitié du passage.

$T'(r'_1, \ldots, r'_k, q_1, \ldots, q_k)$ désigne une forme quadratique des variables r'_i.

» Observons d'abord que, quels que soient T et les Q_i, les relations entre les q_i ne sont pas modifiées quand on remplace T par CT_1, Q_i par αQ_i, C et α étant des constantes différentes de zéro. Pour T et Q_i quelconques, il n'existe pas, comme nous l'allons voir, d'autres équations (2).

» Si T est quelconque, mais si les Q_i admettent une fonction de forces, $Q_i = \frac{\partial U}{\partial q_i}$, on peut, comme l'a montré M. Darboux, remplacer T par $C(U+h)T$, et U par $\frac{\alpha}{U+h}$, sans modifier les relations entre les q_i.

» Pour T quelconque, on forme de cette manière toutes les équations (2).

» Traitons maintenant la question posée, en nous plaçant d'abord dans le cas où tous les Q_i sont nuls. S'il en est ainsi, les Q'_i sont nuls également, car les relations entre les q_i ne dépendent que de $(2k-2)$ constantes. Le problème auquel nous sommes ramenés coïncide donc, pour $k=2$, avec le problème de M. Dini. En généralisant la méthode par laquelle M. Darboux résout ce dernier problème, nous montrons que *les équations* (1) (*où les* Q_i *sont nuls*) *admettent l'intégrale du second degré*

$$\left(\frac{\Delta}{\Delta_1}\right)^{\frac{2}{1+k}} T_1 \equiv K = h'. \tag{4}$$

» Le premier membre de (4) ne se réduit à une constante que si $T_1 = CT$.

» Il résulte de là qu'*on peut passer du système* (1) *au système* (2) (*où* $Q_i = Q'_i = 0$) *par la transformation*

$$\frac{dt}{\Delta^{\frac{1}{k+1}}} = C\,\frac{dt_1}{\Delta_1^{\frac{1}{k+1}}}. \tag{5}$$

» *Quand* T *et* T_1 *satisfont à cette condition, à des fonctions* Q_i *quelconques correspondent,* ainsi qu'on le voit aisément, *des fonctions* Q'_i *telles que les systèmes* (1) *et* (2) *définissent les mêmes relations entre les* q_i, *et l'on passe encore de* (1) *à* (2) *par la transformation* (5).

» Inversement : 1° si les formes T et T_1 sont telles qu'à des fonctions Q_i quelconques on puisse faire correspondre des fonctions Q'_i pour lesquelles le système (2) répond à la question, on peut passer de (1) à (2) par la transformation (5), et quand on annule tous les Q_i, les équations (1) admettent l'intégrale (4); 2° si, pour certains systèmes de fonc-

tions Q_i, Q'_i, on peut passer de (1) à (2) par une transformation

$$dt = \lambda(q_1, \ldots, q_k)\, dt_1,$$

la même substitution transforme (1) en (2) quand on annule les Q_i et les Q'_i, et les propriétés précédentes s'appliquent.

» Cette dernière partie du théorème, prévue par M. Appell, a été démontrée par M. Dautheville pour $k = 2$.

» Il convient de signaler le cas où T_1 coïncide avec une des forces vives T' qui dérivent de T, quand on remplace les q_i par $\varphi_i(q_1, \ldots, q_k)$. Les relations entre les q_i sont alors les mêmes que le système S soit soumis aux forces Q_i ou aux forces $Q'_i(\varphi_1, \ldots, \varphi_k)$. Si T_1 dépend de constantes arbitraires, les équations des *géodésiques* relatives à T admettent un groupe continu de transformations. Inversement, si ces équations admettent un tel groupe, ce groupe transforme T soit en elle-même, soit en une forme T_1, dépendant de constantes, qui jouit par rapport à T des propriétés que nous venons d'énoncer. On peut dans ce cas calculer les fonctions Q_i telles que les équations entre les q_i définies par (1) admettent le même groupe ou un sous-groupe. Ces remarques s'appliquent en particulier aux transformations homographiques de M. Appell.

» Quand le problème des géodésiques relatives à T admet une intégrale du second degré $K = h'$, on peut toujours supposer que le discriminant δ de K n'est pas nul, puisque $K + CT$ est encore une intégrale. *Les équations* (2) *où l'on fait* $Q'_i = 0$ *et* $T_1 = \left(\frac{\Delta}{\delta}\right)^{\frac{1}{k-1}} K$ *correspondent-elles aux équations* (1) *par la transformation* (5)?

» Cette réciproque, vraie pour $k = 2$, ne l'est plus pour k quelconque; T et K doivent satisfaire à des conditions supplémentaires. Au sujet de ces intégrales, je renverrai à deux Notes de M. R. Liouville (*Comptes rendus*, avril et décembre 1891).

» Abordons enfin la question dans toute sa généralité. Il est clair que $\frac{dq_1}{dt}$ et $\frac{dq_1}{dt_1}$ peuvent s'exprimer à l'aide des q_i, $\frac{dq_i}{dq_1}$ et de $\frac{d^2q_2}{dq_1^2}$, par exemple : $\frac{dq_1}{dt_1}$ est donc une fonction de q_i, $\frac{dq_i}{dq_1}$ et de $\frac{dq_1}{dt}$. *Nous montrons que l'expression*

$$\left(\frac{\Delta_1}{\Delta}\right)^{\frac{1}{k+1}} \frac{\frac{dq_1}{dt_1}}{\frac{dq_1}{dt}}$$

est une intégrale première du second degré de (1)

$$K = K_2 + K_0 = h'.$$

Trois cas sont possibles :

» 1° K se réduit à une constante; les équations (1) et (2) se correspondent alors par la transformation (5).

» 2° K_2 ne diffère pas de CT; ce cas ne se présente que s'il y a une fonction de forces, et si les équations (2) se déduisent de (1) par la transformation de M. Darboux.

» 3° Les équations (1) admettent une intégrale du second degré qui n'est pas celle des forces vives.

» Si donc on laisse de côté les deux transformations signalées au début et qui s'appliquent quelle que soit la forme T, *il ne saurait exister d'équations* (2) *répondant à la question que si le problème des géodésiques relatives à* T *admet une intégrale du second degré*. La réciproque n'est vraie que pour $k = 2$; la transformation (5) fournit alors, quelles que soient les fonctions Q_i, des équations (2); mais pour des forces Q_i particulières, il peut exister d'autres équations (2); notamment les équations entre les q_i définies par (1) peuvent admettre un groupe continu de transformations qui ne conserve pas les géodésiques. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'analyse combinatoire circulaire.* Note de M. E. Jablonski, présentée par M. C. Jordan.

« 1. On peut envisager l'analyse combinatoire de deux points de vue distincts; les objets combinés, arrangés ou permutés peuvent être supposés placés en ligne droite ou autour d'un cercle; *l'objet de cette Note est de montrer comment on peut évaluer les nombres de permutations et d'arrangements circulaires complets*. Pour les combinaisons, il n'y a rien de nouveau à dire, elles sont les mêmes dans les deux analyses.

» Ma méthode, pour les permutations *circulaires* de m objets, consiste à partager l'ensemble des permutations *rectilignes* des mêmes objets, avec les mêmes répétitions, en groupes pouvant se décomposer en portions identiques de m_p objets et pas moins, m_p étant un diviseur de m. Chacun de ces groupes répondant à un même nombre m_p redonne m_p fois la même permutation circulaire; la question est donc ramenée à chercher le nombre des permutations rectilignes répondant à un même nombre m_p.

» 2. Soient $\alpha, \beta, \ldots, \lambda$ les indices d'une permutation rectiligne, D leur

plus grand commun diviseur. Posons $\alpha = \alpha'.D$, $\beta = \beta'.D$, ..., $\lambda = \lambda'.D$. α', β', ..., λ' sont premiers entre eux.

» Faisons $\alpha + \beta + \ldots + \lambda = m = m'D$ et désignons par $P(n)$, quel que soit l'entier n, le nombre entier

$$\frac{(m'n)!}{(\alpha' n)!(\beta' n)!\ldots(\lambda' n)!},$$

qui est le nombre des permutations rectilignes complètes d'indices

$$\alpha' n,\ \beta' n,\ \ldots,\ \lambda' n.$$

» Soit maintenant d_p un diviseur quelconque de D, désignons par $Q\left(\frac{D}{d_p}\right)$ le nombre des permutations rectilignes d'indices α, β, ..., λ qui peuvent se décomposer en d_p portions identiques et pas plus de $\frac{m}{d_p}$ ou m_p objets. On a

$$\sum_1^D Q\left(\frac{D}{d_p}\right) = P(D) \qquad (d_p \text{ divis. de D, y compris 1 et D}).$$

» Plus généralement, soit n un diviseur quelconque de D et d_q un diviseur quelconque n, y compris 1 et n, nous aurons

$$\sum^n Q\left(\frac{n}{d_q}\right) = P(n);$$

d_q est aussi un diviseur de D et $\frac{n}{d_q}$ se retrouve parmi les nombres $\frac{D}{d_p}$: donc toutes les égalités précédentes contiennent tous les nombres Q qui répondent aux différents diviseurs de D et rien que ceux-là. On a ainsi pour déterminer les nombres Q un système linéaire d'équations à autant d'inconnues que d'équations. Il est aisé de voir que le déterminant principal de ce système est $+1$, et, par suite, que ces équations déterminent complètement les inconnues.

» Cela posé, le nombre des permutations *circulaires* complètes d'indices α, β, ..., λ est

$$\sum_1^D \frac{1}{m_p} Q\left(\frac{D}{d_p}\right) \qquad \text{ou} \qquad \frac{1}{m}\sum_1^D Q\left(\frac{D}{d_p}\right) d_p,$$

qui peut se mettre sous forme linéaire et homogène des nombres $P(n)$. Il

n'est pas nécessaire pour cela, ainsi que me l'a fait remarquer M. C. Jordan, de résoudre les équations en Q, il suffit de faire usage d'un théorème général de la théorie des nombres, à savoir : les mêmes notations étant conservées, si l'on a

$$\sum_{1}^{n} \mathrm{R}(d_q) = \mathrm{S}(n) \qquad (d_q \text{ divis. de } n, \text{ y compris } 1 \text{ et } n),$$

on a aussi

$$\mathrm{R}(n) = \mathrm{S}(n) - \Sigma\mathrm{S}\left(\frac{n}{a}\right) + \Sigma\mathrm{S}\left(\frac{n}{ab}\right) - \Sigma\mathrm{S}\left(\frac{n}{abc}\right) + \ldots.$$

Les Σ s'étendant ici aux combinaisons simples deux à deux, trois à trois, etc. des nombres $a, b, c, \ldots, l$ qui sont tous les facteurs premiers distincts du nombre n.

» Si l'on fait $\mathrm{S}(n) = n$, on trouve

$$\mathrm{R}(n) = n\left(1 - \frac{1}{a}\right)\left(1 - \frac{1}{b}\right)\cdots\left(1 - \frac{1}{l}\right) = \varphi(n),$$

$\varphi(n)$ étant le nombre qui exprime combien il y a d'entiers premiers avec n et moindres que n. On a donc

$$\sum_{1}^{d} \varphi(d') = d \qquad (d' \text{ divis. de } d),$$

et le nombre à évaluer peut s'écrire

$$\frac{1}{m}\sum_{1}^{\mathrm{D}}\left[\mathrm{Q}\left(\frac{\mathrm{D}}{d}\right)\sum_{1}^{d}\varphi(d')\right] \quad \text{ou} \quad \frac{1}{m}\sum_{1}^{\mathrm{D}}\mathrm{P}\left(\frac{\mathrm{D}}{d}\right)\varphi(d) \qquad (d \text{ divis. de D}),$$

qui est le résultat cherché; il faut convenir de faire $\varphi(1) = 1$.

» 3. La question étant résolue pour le nombre des permutations circulaires complètes, il est aisé d'en déduire la solution de la même question pour les arrangements *circulaires* complets. On considère les arrangements *rectilignes* complets de p lettres distinctes m à m, on les décompose en permutations rectilignes et l'on passe ensuite des permutations rectilignes aux permutations circulaires, comme on vient de le dire.

» 4. La méthode qui a réussi pour la réduction de la somme

$$\sum_{1}^{\mathrm{D}} \mathrm{Q}\left(\frac{\mathrm{D}}{d}\right) d \qquad (d \text{ divis. de D})$$

peut être appliquée au cas plus général où l'on aurait à réduire

$$\sum_1^{D} Q\left(\frac{D}{d}\right) d^t \qquad (d \text{ divis. de } D),$$

où t est quelconque. Si l'on fait

$$P(n) = \sum_1^{n} Q\left(\frac{n}{d}\right) \qquad (d \text{ divis. de } n),$$

on trouve

$$\sum_1^{D} Q\left(\frac{D}{d}\right) d^t = \sum_1^{D} P\left(\frac{D}{d}\right) \varphi_t(d) \qquad [\varphi_t(1) = 1],$$

où

$$\varphi_t(n) = n^t\left(1 - \frac{1}{a^t}\right)\left(1 - \frac{1}{b^t}\right)\cdots\left(1 - \frac{1}{l^t}\right),$$

a, b, c, ..., l étant tous les facteurs premiers distincts du nombre entier n.

» Cette formule ne suppose rien sur la fonction $Q\left(\frac{D}{d}\right)$, si ce n'est qu'elle ait une valeur déterminée, mais arbitraire, pour chaque diviseur d; de là une infinité d'identités que l'on peut étendre à l'Algèbre, en remplaçant le nombre entier D par un polynôme entier en x, et les entiers d diviseurs de D par les polynômes entiers diviseurs du premier polynôme, en convenant, pour préciser, que tous les termes de plus haut degré en x auront un coefficient égal à $+1$. »

PHYSIQUE. — *Sur la chaleur spécifique des métaux.* Note de M. **Le Verrier**, présentée par M. Mascart.

« J'ai l'honneur de soumettre à l'Académie les résultats de quelques recherches que j'ai faites au Conservatoire sur la chaleur spécifique de divers métaux (cuivre, argent, aluminium, zinc et plomb).

» Dans ces expériences je mesurais, au moyen du pyromètre de Le Chatelier, la température au moment même de l'immersion dans le calorimètre. Cette méthode m'a permis de constater, dans tous les métaux étudiés, des points singuliers analogues à ceux que M. Pionchon a signalés pour le fer, le nickel et le cobalt.

» La chaleur spécifique $\left(\frac{\Delta c}{\Delta t}\right)$ reste sensiblement constante pendant des périodes qui n'excèdent pas, en général, un intervalle de 200° à 300°;

puis elle change brusquement. La variation de la chaleur totale est donc représentée, non par une courbe continue, mais par une ligne brisée.

» Les différentes portions droites de cette ligne peuvent se raccorder par des éléments de courbe variables. Au voisinage des points singuliers, l'état du corps n'est pas fonction de sa température seule; il change avec la manière dont elle a été atteinte. Le travail moléculaire qui correspond au changement d'état subit, en général, un certain retard, et l'on ne trouve pas les mêmes chaleurs totales pendant le réchauffage ou le refroidissement. Si l'on part d'une température inférieure, pour y revenir, après avoir dépassé celle qui correspond au point singulier, on obtient un cycle fermé, et non une courbe unique.

» Je signalerai le cas du plomb : ce métal commence à se modifier à un moment où la chaleur totale correspondante à l'état qu'il va prendre serait inférieure à celle qu'il possède déjà. Aussi la courbe présente un palier : la chaleur totale reste à peu près la même de 20° à 30°.

» Le zinc est remarquable par les anomalies considérables qu'il présente pendant sa seconde phase, entre 110° et 200°. On sait qu'à cette température il subit aussi une modification prononcée au point de vue mécanique : il devient malléable et acquiert une faculté d'allongement presque infinie.

» Si l'on rapproche mes observations de celles que M. Le Chatelier a données sur les variations de la résistance avec la température, on peut remarquer que la seconde phase (commençant à des températures de 200° à 300°), coïncide toujours avec la période où les métaux sont le plus malléables, en ce sens que le rapport entre l'allongement et la charge de rupture y est maximum : au delà de cette seconde phase, ils deviennent cassants parce que la charge de rupture devient très faible.

» Les résultats de ces expériences sont consignées dans le Tableau ci-joint.

» J'ai tracé les courbes des chaleurs totales à partir de zéro : mais, aux températures basses, le procédé de mesure employé n'est pas sensible et les déterminations n'offrent d'intérêt qu'au-dessus de 100°.

Plomb.

	Chaleur spécifique moyenne.	Chaleur totale.
A. 0° à 230°...	0,038	$0,038t$
B. 220 à 250...	A peu près nulle.	Presque constante.
A'. 250 à 300...	0,0465	$8,15 + 0,0465(t - 250)$

Zinc.

	Chaleur spécifique moyenne.	Chaleur totale.
A. 0° à 110°...	0,096	$0,096 \times t$
B. 100 à 140 (très variable).	Absorption de $0^{cal},8$ vers 110°.	
A′. 110 à 300...	0,105	$11,36 + 0,105(t - 110)$
A″. 300 à 400...	0,122	$31,4 + 0,122(t - 300)$ Croît rapidement au-dessus de 400 et s'élève à 46^{cal} vers 410, un peu avant la fusion.

Aluminium.

A. 0 à 300...	0,22	$0,22t$
A′. 300 à 530...	0,30	$65 + 0,30(t - 300)$
B′. 530 à 560...	La cristallisation du silicium se fait vers 500°, et le point singulier B′ se rapproche de cette température dans l'aluminium siliceux.	Absorption de 10^{cal} vers 535.
A″. 540 à 600...	0,46	$139 + 0,46(t - 530)$ 170^{cal} vers 600 ; se relève ensuite rapidement et dépasse 200 avant la fusion (620°).

Argent.

A. 0 à 260...	0,0565	$0,0565t$
A′. 260 à 660...	0,075	$14^{cal},7 + 0,075(t - 260)$
A″. 660 à 900...	0,066	$44^{cal},7 + 0,066(t - 660)$ 62^{cal} vers 930, un peu avant la fusion.

Cuivre.

A. 0 à 360...	0,104	$0,104t$
B. 320 à 380...	»	Absorption de 2^{cal} vers 350.
A′. 360 à 580...	0,125	$37,2 + 0,125(t - 360)$.
B′. 560 à 600...	»	Absorption de 2^{cal} vers 580.
A″. 580 à 780...	0,09	$37 + 0,09(t - 580)$
B″. 740 à 800...	»	Absorption de $3^{cal},5$ vers 780.
A‴. 780 à 1000..	0,118	$92 + 0,118(t - 800)$ 117^{cal} vers 1020°.

OPTIQUE. — *Sur la polarisation de la lumière diffusée par les milieux troubles.* Note de M. **A. Hurion**, présentée par M. Mascart.

« Dans un Mémoire inséré aux *Annales de Chimie et de Physique* [1], M. L. Soret a cherché à expliquer la polarisation atmosphérique en admettant que « les choses se passent comme si, sous l'influence de la lumière, les particules diffusantes devenaient des centres de mouvement » vibratoire identique à celui des atomes de l'éther dans l'onde incidente ». Il a montré de plus qu'il fallait, pour avoir le mouvement réel au point considéré, ajouter à l'action de la lumière incidente celle produite par la lumière diffuse en des points voisins de celui que l'on envisage.

» Se plaçant dans le cas limite d'une masse sphérique homogène éclairée par un faisceau de lumière naturelle parallèle à une direction donnée qu'il prend pour axe des x, il calcule l'action exercée par cette masse sur son centre. Le résultat de son calcul est le suivant : la vibration résultante au point O, centre de la sphère, admet deux composantes égales, suivant les directions OY et OZ et une composante plus petite dirigée suivant OX.

» En admettant ces résultats indiqués par M. Soret, il devient facile de calculer la proportion de lumière polarisée qu'on devrait trouver dans la lumière diffusée par le point O suivant une droite OA faisant un angle ω avec l'axe des Y et situés dans le plan XOY. En effet, le mouvement provenant de l'onde directe donnant seulement deux composantes égales suivant les directions OY et OZ, on aura en fin de compte à considérer deux vibrations égales dirigées suivant OY et OZ, et correspondant à une intensité m, et une vibration suivant OX correspondant à une intensité plus faible n. Les composantes normales à OA seront dirigées l'une suivant OZ, l'autre suivant OB normale à OA dans le plan XOY. L'intensité de la première sera m, celle de la seconde $m\sin^2\omega + n\cos^2\omega$. Dès lors, on aura pour la quantité de lumière naturelle dans le faisceau considéré

$$m\sin^2\omega + n\cos^2\omega$$

et, pour quantité de lumière polarisée,

$$m - m\sin^2\omega - n\cos^2\omega = (m-n)\cos^2\omega,$$

[1] 6e série, t. XIV, p. 503.

Par suite, la proportion de lumière polarisée est

$$\frac{(m-n)\cos^2\omega}{m+m\sin^2\omega+n\cos^2\omega}=\frac{(m-n)\cos^2\omega}{2m-(m-n)\cos^2\omega},$$

ou, en posant $\frac{n}{m}=p$,

$$\frac{(1-p)\cos^2\omega}{2-(1-p)\cos^2\omega}.$$

» Telle est la formule que j'ai cherché à vérifier, en me plaçant autant que possible dans les conditions que suppose la théorie. Le milieu diffusant est constitué par de l'eau contenant de l'essence de citron placée dans une cuve. Un faisceau cylindrique de lumière électrique traverse horizontalement la cuve, et un photopolarimètre de M. Cornu, tournant sur un limbe vertical, peut se déplacer le long d'une règle horizontale. Le tube de l'instrument a été prolongé et fermé par une glace, de façon à pouvoir plonger dans le liquide; on évite ainsi les effets de réfraction. On peut alors mesurer la quantité de lumière polarisée en visant dans une direction quelconque au centre de la section du faisceau situé au milieu de la cuve. On constate tout d'abord que, pour avoir des mesures précises, il faut opérer avec une lumière sensiblement homogène, les résultats trouvés dépendant de la couleur. C'est ainsi qu'en se plaçant normalement au faisceau, et mettant un verre rouge sur le trajet de la lumière, on a obtenu dans une expérience une quantité de lumière polarisée égale à 0,78, tandis qu'avec un verre bleu on avait seulement 0,72.

» Les expériences ont été faites en employant un verre rouge et ont permis de vérifier la loi à $\frac{1}{25}$ près. Toutefois il faut remarquer que les résultats ne sont satisfaisants qu'en prenant la moyenne des déterminations faites dans deux positions symétriques par rapport à la normale au faisceau. Les nombres obtenus ne sont pas les mêmes dans les deux positions; cela tient à ce qu'on ne se trouve pas exactement dans les conditions théoriques. On s'en assure en mesurant la quantité de lumière polarisée dans une direction normale au faisceau en différents points de la cuve. On trouve que cette quantité diminue à mesure qu'on s'éloigne de l'extrémité de la cuve qui reçoit la lumière. Toutefois la variation est assez faible dans la première moitié, ce qui permet de vérifier encore assez bien la formule en plaçant toujours l'extrémité du tube de l'appareil au milieu de la cuve et opérant sous différentes incidences, mais en visant toujours de manière

que le sens général de la propagation de la lumière diffusée soit celui de la lumière incidente.

» Dans toutes les expériences, il est bon de faire une observation pour $\omega = 0$, et immédiatement après pour la valeur de ω, que l'on s'est désignée d'avance.

» Exemple de mesures faites par la première méthode indiquée :

Première solution.

ω.	Quantité de lumière polarisée. Observation.	Calcul.
0	0,819	0,819
50° à droite	0,242	
	0,231	0,228
50° à gauche	0,221	

Seconde solution.

ω.	Quantité de lumière polarisée. Observation.	Calcul.
0	0,831	0,831
30° à droite	0,530	
	0,512	0,520
30° à gauche	0,495	

» Je me propose de continuer ces recherches et de les appliquer à l'étude de la polarisation atmosphérique. »

CHIMIE. — *Sur la décomposition du permanganate d'argent et sur une association particulière de l'oxygène avec l'oxyde d'argent.* Note de M. **Alex. Gorgeu**, présentée par M. Friedel.

« Le permanganate d'argent se décompose spontanément à la température ordinaire, au sein de l'air et de l'eau, mais très lentement; à 100° ou dans l'eau chaude son altération est plus rapide; vers 135° sa décomposition est brusque et accompagnée de déflagration. Tous les résidus obtenus dans ces diverses conditions sont opaques et ne présentent pas de forme cristalline bien définie; ils dégagent du chlore au contact de l'acide chlorhydrique; ceux qui ont été produits à 135° sont anhydres, les autres renferment de $\frac{2}{100}$ à $\frac{4}{100}$ d'eau. Ils ne perdent rien dans le vide.

» L'expérience a prouvé que le mode d'analyse indiqué par la nature des corps décelés qualitativement dans ces suroxydes était insuffisant et laissait passer inaperçu de $\frac{1}{100}$ à $\frac{3}{100}$ d'un élément que l'on a reconnu être de l'oxygène en opérant de la manière suivante : le ballon dans lequel on faisait ordinairement le dosage de l'oxygène fut disposé de manière à opérer en présence d'un courant d'acide carbonique et à n'introduire le suroxyde dans le mélange acide réducteur qu'après avoir chassé tout l'air de l'appareil. A partir de ce moment, on procédait à l'attaque complète en amenant

lentement à l'ébullition le liquide du ballon tout en continuant à recueillir les gaz dégagés dans l'appareil Dupré rempli de solution de potasse. L'opération achevée, on a toujours constaté la présence d'un volume d'oxygène dont le poids correspondait, à quelques millièmes près, à ce qui manquait en centièmes aux nombres fournis par les détails de l'analyse.

» Je ne citerai ici que la moyenne des résultats fournis par l'analyse des résidus de la décomposition du permanganate d'argent opérée au sein de l'eau maintenue à 75°. Ce sont ceux dans lesquels se rencontre la plus forte proportion d'oxygène inactif et les conditions qui accompagnent leur production ne permettent pas plus de supposer la décomposition du protoxyde d'argent que la réduction du manganèse à un degré d'oxydation inférieur au bioxyde. On s'est assuré que les proportions d'oxygène actif ou inactif trouvées au moyen des liqueurs titrées restaient les mêmes, soit que l'on se servît de l'acide oxalique, du sulfate ferreux ou de l'acide arsénieux pour opérer la réduction des manganites d'argent en présence de l'acide sulfurique et dans les conditions les plus variées :

	Analyse.		$(MnO^2)^2AgO + O + HO$.	
MnO	32,71	18,31 °/₀ Ox.	32,27	18,38 °/₀ Ox.
Ox actif	7,33		7,27	
AgO	53,38		52,73	
Ox inactif	2,75		3,64	
HO	3,29		4,09	
Perte	0,54		»	
	100,00		100,00	

» La proportion d'oxygène actif correspondant exactement à celle qu'exige le protoxyde de manganèse pour former l'acide manganeux, et cette dernière combinaison étant la plus pauvre en oxygène qui pût se produire en présence du permanganate d'argent, toujours en excès pendant la préparation, on a cru devoir regarder tout l'oxygène actif comme combiné au manganèse.

» Afin de déterminer auquel des deux corps, bioxyde de manganèse ou protoxyde d'argent, était fixé l'oxygène inactif, on a recherché sa présence, mais en vain, dans les composés oxygénés du manganèse les plus variés tels que les bioxydes les plus riches en oxygène, les manganites de chaux et de potasse, les manganates et permanganates alcalins; on s'est assuré, de plus, que, dans les combinaisons où entrent les suroxydes de manganèse et l'oxyde d'argent, la présence de l'oxygène inactif n'était pas un fait

constant : le permanganate d'argent ainsi que les manganites de ce métal résultant, soit de l'action de l'acide manganeux sur l'acétate d'argent $4(MnO^2)AgO$, soit de la décoloration du permanganate d'argent par l'eau oxygénée, $2(MnO^2)AgO$, n'ont pas donné la moindre trace d'oxygène inactif. On a été plus heureux avec le composé qui se dépose au pôle positif lors de l'électrolyse de l'azotate d'argent. Les beaux cristaux ainsi obtenus représentent une combinaison à laquelle M. Berthelot attribue la formule $4(AgO^3)AzO^5AgO, HO$. Ce corps a été soumis, comme les manganites d'argent du permanganate, à l'action du mélange des acides oxalique et sulfurique dans un courant d'acide carbonique. Dans ces conditions, on a constaté que les $\frac{4}{5}$ environ de l'oxygène qu'il renfermait en sus du protoxyde d'argent avaient oxydé l'acide oxalique; le reste, s'élevant de $\frac{1}{100}$ à $\frac{2}{100}$ du poids des cristaux, s'est montré inactif et a pu être recueilli au-dessus de la potasse. Il me paraît bien résulter de ce fait que, dans les produits de la décomposition du permanganate d'argent, la présence de l'oxygène inactif devait être rattachée à celle de l'oxyde d'argent.

» L'oxygène inactif se trouve-t-il, dans ces manganites, à l'état occlus ou à l'état de combinaison? Deux faits, à mon avis, semblent contraires à l'hypothèse de l'occlusion : les corps en question qui, d'après leur analyse, auraient condensé 113 fois leur volume d'oxygène, ne provoquent pas l'inflammation de l'oxygène sec et surtout, contrairement à ce qui arrive avec l'hydrogène occlus par les métaux, on ne constate pas d'augmentation dans l'activité oxydante de cet oxygène si fortement comprimé dans ces manganites. L'hypothèse d'un état de combinaison présente aussi ses difficultés. A la vérité, l'action de la chaleur sur ces produits serait de nature à l'appuyer parce que le départ de l'oxygène inactif exige l'application d'une température voisine de celle qui provoque la décomposition du carbonate d'argent, 150° environ à l'air libre. D'un autre côté, il est difficile d'admettre l'existence d'un suroxyde d'argent inférieur au bioxyde et n'exerçant aucune action oxydante sur l'acide oxalique lorsque l'on voit, dans les suroxydes d'argent de l'électrolyse, une partie de l'oxygène qu'ils renferment, agir sur le même corps réducteur. Il faudrait, avant de se prononcer à ce sujet, connaître mieux les propriétés des suroxydes d'argent *isolés* [1] et rechercher si l'oxygène inactif ne peut se trouver associé à d'autres oxydes qu'à celui de l'argent; j'ai commencé ces re-

---

[1] Et particulièrement le sesquioxyde d'argent découvert par M. Berthelot (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XXI, p. 164; 1880).

cherches; les résultats obtenus feront l'objet d'une Communication ultérieure.

» Ce qui paraît certain, c'est que le manganite d'argent, objet de ce travail, contient, associé à l'acide manganeux, un composé oxygéné de l'argent qui serait le premier représentant, signalé jusqu'à présent, d'une catégorie de suroxydes bien différents de l'eau oxygénée et des suroxydes de potassium, de baryum, de manganèse et de plomb. Ce composé se distingue de chacun d'eux par l'inactivité complète, à l'égard du sulfate ferreux acide, de l'oxygène qu'il renferme en sus du protoxyde d'argent, mais de celui-là seulement. Il diffère en outre des suroxydes de potassium et de baryum en ce que, lors de sa décomposition par les acides, il ne produit pas d'eau oxygénée.

» La seule conclusion qu'il me soit permis de tirer des faits précédents, c'est qu'il peut exister entre les oxydes métalliques et l'oxygène une association distincte de celle qui est connue sous le nom d'*occlusion* et à l'état de combinaison proprement dit, association dont le caractère distinctif serait de produire, lors de sa rupture sous l'action des acides, la séparation de tout ou d'une partie de l'oxygène, en sus du protoxyde, sous une forme aussi peu active que celle que possède le gaz à l'état de liberté. »

CHIMIE. — *Sur de nouveaux sels de fer.* Note de MM. Lachaud et C. Lepierre, présentée par M. Schützenberger.

» Le sulfate d'ammonium fondu nous ayant paru, après quelques essais, un bon agent minéralisateur, nous avons soumis à son action un grand nombre de corps minéraux et organiques. Nous décrirons aujourd'hui les résultats obtenus avec le sulfate ferreux. A la température où se font nos réactions, le sulfate d'ammonium étant transformé en grande partie en sulfate acide, pour économiser du temps, nous avons toujours employé ce sel comme point de départ. Voici notre manière générale d'opérer :

» On fond une molécule Am^2SO^4 et une molécule H^2SO^4 jusqu'à fusion tranquille (point de fusion 121°); on projette dans le liquide un cinquième environ de sulfate ferreux, ou de sulfate ferroso-ammonique, ou même de la limaille de fer; on chauffe lentement pour chasser la plus grande partie de l'eau et l'on continue le chauffage plus ou moins, suivant les cas, en suivant la marche au microscope.

» Dans ces conditions, il se forme successivement plusieurs sels tous cristallisés; ces produits sont, pour la plupart, insolubles dans l'eau froide, qui les attaque cependant peu à peu; l'eau chaude a une action plus éner-

gique. Pour séparer certains de ces corps de l'excès de sulfate d'ammonium, l'eau seule ne donnerait donc que de mauvais résultats; car, étant donnée la dureté de la masse refroidie, l'action du dissolvant ne peut qu'être lente; de plus, la pulvérisation est pratiquement impossible parce que le sulfate acide d'ammonium est hygrométrique; mais, comme il est soluble dans l'alcool chaud et que les corps obtenus y sont insolubles, voici la marche que nous avons suivie :

» Couler la masse en plaques, laisser refroidir, concasser grossièrement; faire bouillir au réfrigérant ascendant avec son poids d'alcool à 65°-70° G.-L.; la masse se désagrège; décanter l'alcool chaud qui a dissous le sulfate acide, répéter le traitement alcoolique s'il le faut; turbiner ou filtrer rapidement le produit restant pour en séparer l'alcool qui l'imprègne; laver à l'alcool à 90°; laisser sécher à l'air.

» Voici maintenant les corps obtenus :

» 1° $(SO^4)^3Fe^2.SO^4Fe.4Am^2SO^4.3H^2O$. — Ce sel ferrosoferrique se forme en chauffant le sulfate d'ammonium avec l'acide sulfurique, de manière que la quantité de ce dernier soit insuffisante pour se transformer complètement en SO^4AmH; le bain renferme donc un excès de sulfate neutre; par exemple, 1850gr SO^4Am^2, 1000gr H^2SO^4 et 600gr sulfate ferreux; on chauffe jusqu'à ce qu'il commence à se dégager de l'anhydride sulfureux (275°); dans ces conditions, il se forme des aiguilles incolores prismatiques qui, après traitement à l'alcool et séchage à 110°, renferment encore $3H^2O$. Elles sont insolubles dans l'alcool; densité 2,02 à 10°; elles se dissolvent peu à peu dans l'eau froide; l'eau bouillante les transforme facilement en un sulfate basique insoluble, qui se dissout dans les acides; la solution aqueuse faite à froid ou à chaud réduit le permanganate (nous nous sommes assurés de l'absence des sulfites) et fournit les caractères des sels ferreux et ferriques.

» Chauffées, ces aiguilles donnent successivement du sulfate ferrique, puis de l'oxyde ferrique amorphes.

» 2° $(SO^4)^3Fe^2.3Am^2SO^4$. — En continuant à chauffer les aiguilles précédentes au sein du sulfate, elles se transforment en un sel double répondant à la formule indiquée; cependant, comme la transition est difficile à saisir, voici comment nous opérons pour l'avoir pur :

» On chauffe 880gr de sulfate acide et 250gr de sulfate ferroso-ammonique hydraté; après le départ de l'eau, il se forme des hexagones blancs, décrits plus bas, puis il se dégage de l'anhydride sulfureux et les hexagones disparaissent peu à peu complètement, remplacés par des aiguilles prismatiques; en continuant le chauffage, des vapeurs se forment et les hexagones réapparaissent; si l'on s'arrête après la disparition

des premiers hexagones, en suivant au microscope, on obtient facilement le sel en aiguilles.

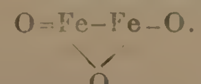
» Ce produit ne réduit pas le permanganate; densité 2,31 à 14°. Il est insoluble dans l'eau froide et dans l'alcool; l'eau chaude le dissout et le transforme en un sel basique; il est jaune à chaud et blanc à froid. Calciné seul, il donne du sulfate ferrique, puis de l'oxyde ferrique, tous deux amorphes.

» 3° $(SO^4)^3Fe^2.SO^4Am^2$. — Ce sel double, cristallisé en hexagones, s'est constamment produit dans nos opérations : 1° par action prolongée de SO^4AmH sur le sulfate ferreux ou ferroso-ammonique, jusqu'à évaporation complète; 2° par chauffage au sein du sulfate des deux sels ci-dessus décrits. Densité 2,45 à 14°; jaune à chaud; blanc rosé à froid; l'eau froide l'attaque lentement en rongeant les angles des cristaux. Calciné à l'air, il donne le sulfate ferrique, puis l'oxyde ferrique, tous deux cristallisés en hexagones. La solution aqueuse donne par évaporation l'alun ferrico-ammonique.

» 4° $(SO^4)^3Fe^2$. — C'est le sulfate ferrique cristallisé et anhydre, signalé seulement, croyons-nous, dans des fours industriels; il se forme en continuant à chauffer au sein du sulfate l'un quelconque des sels précédents, ou par calcination du dernier sulfate à l'air qui perd la dernière molécule de Am^2SO^4 pour donner le sulfate ferrique. Ce sont des lamelles hexagonales jaunes à chaud et à froid, de densité 3,05 à 14°; il se dissout peu à peu dans l'eau froide et est hygrométrique.

» 5° Fe^2O^3. — L'oxyde ferrique obtenu par calcination des deux sels précédents est cristallisé en lamelles hexagonales quand les produits d'origine le sont; les cristaux, en passant de l'un des corps à l'autre, gardent leur forme; une calcination trop prolongée abime les cristaux; densité, 4,95 à 14°.

» C'est le dernier terme d'une série de transformations où nous voyons 1 molécule de sulfate d'ammonium, puis 3 molécules d'anhydride sulfurique disparaître par le chauffage sans que, pour cela, la forme cristalline change; ceci rappelle en quelque sorte la stabilité du noyau benzénique dont les chaînes latérales peuvent disparaître sans que l'edifice principal perde ses propriétés fondamentales de chaîne fermée; dans notre cas, le noyau Fe^2O^3 serait, comme on l'admet, tétratomique



» Sur chacun des oxygènes viendraient se fixer d'abord $3SO^3$, puis SO^4Am^2, puis $2SO^4Am^2$. Nous remarquerons que les densités croissent sans interruption à mesure que l'on se rapproche de Fe^2O^3.

» Nous poursuivons l'étude de l'action générale du sulfate d'ammonium fondu, et pous publierons sous peu d'autres résultats. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'acide sulfurique sur quelques hydrocarbures cycliques.* Note de M. **Maquenne**, présentée par M. Friedel.

« Dans son travail d'ensemble sur les essences de résine, M. Renard signale ce fait que l'heptine C^7H^{12} est vivement attaqué par l'acide sulfurique, dès la température ordinaire, avec production de deux isomères $C^{14}H^{24}$ et d'une petite quantité de carbures plus volatils, formés en majeure partie de toluène C^7H^8 et d'un nouvel hydrure C^7H^{14}, inattaquable par le brome à froid [1].

» L'auteur semble n'attacher que peu d'importance à cette dernière observation : il est, en effet, singulier que l'acide sulfurique puisse jouer le rôle de corps hydrogénant vis-à-vis de l'heptine; d'autre part, le toluène et l'hydrure C^7H^{14} se rencontrent toujours dans les huiles légères qui servent à la préparation de l'heptine : on peut, par suite, supposer que ce corps en retient des traces, impossibles à éliminer par fractionnement à cause du voisinage de leurs points d'ébullition; l'acide sulfurique n'aurait alors d'autre effet, en polymérisant l'heptine, que de faciliter la séparation du mélange initial.

» Cependant il est aisé de reconnaître que la proportion des carbures légers produits dans l'action de l'acide sulfurique sur l'heptine varie considérablement avec les conditions de l'expérience : lorsqu'on emploie un excès d'acide et qu'on laisse la température s'élever librement, cette proportion peut atteindre jusqu'à 30 pour 100 du poids de l'heptine employé; elle est alors évidemment incompatible avec celle des impuretés que peut contenir un produit distillant à température fixe.

» Cette circonstance m'a conduit à reprendre l'étude de la réaction de M. Renard; je me suis efforcé surtout de l'appliquer à un produit présentant des garanties de pureté indéniables.

» A défaut de perséite, dont le rendement en heptine est trop faible

[1] Renard, *Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. I, p. 234.

pour suffire à une pareille recherche, j'ai réussi à obtenir ce corps exempt de tout mélange en le régénérant du nitrosochlorure que j'ai décrit dans une précédente Communication [1].

» Il suffit pour cela de traiter la combinaison $C^7H^{12}AzOCl$ par la potasse alcoolique, en refroidissant pour éviter la polymérisation du produit : la liqueur brunit, il se dépose du chlorure de potassium et il se dégage de l'éther nitreux en abondance. Lorsque la réaction est terminée, on précipite par l'eau, on décante l'heptine qui vient surnager, enfin on le sèche sur de la potasse et l'on rectifie.

» 230^{gr} de nitrosochlorure cristallisé m'ont ainsi donné 50^{gr} de produit pur, passant de 104°,9 à 105°,4, soit 36,5 pour 100 du rendement théorique.

» Le Tableau suivant résume les principales constantes physiques de l'heptine pur; on y a joint, pour comparaison, les nombres correspondant au carbure extrait des huiles de résine par distillation simple.

	Ébullition sous 767^{mm},5.	Densité à 0° (eau à 4°).	Const. capill. a^2 à 20°.	Coefficient de dilatat. de 0° à 15°.	Indices H α.	Indices In α.
Heptine pur......	104°,9 — 105°,4	0,81417	6,45	0,001109	1,43912	1,45278
Heptine ordinaire.	104°,6 — 105°,3	0,81424	6,47	0,001106	1,44077	1,45455

» Ces chiffres montrent que l'heptine ordinaire est sensiblement homogène et très près de l'état de pureté complète; cette première constatation est importante, car on aurait pu y supposer l'existence d'isomères en même temps que celle de carbures à poids moléculaires différents.

» Agité avec son volume d'acide sulfurique à 66°, l'heptine pur se comporte exactement comme l'heptine ordinaire : une partie du carbure se dissout, avec échauffement et dégagement de gaz sulfureux; une autre vient peu à peu se rassembler à la partie supérieure du mélange, dont il est facile de la séparer par décantation; si alors on distille, on recueille une quantité relativement considérable d'un produit qui, rectifié sur le sodium, passe de 94° à 96°, sans donner traces de toluène.

» L'analyse et la densité de vapeur de ce corps conduisent à la formule prévue C^7H^{14} :

	Trouvé.	Calculé.
Densité de vapeur............	3,51	3,40
Carbone....................	85,68	85,71
Hydrogène..................	14,30	14,29

(1) *Comptes rendus*, t. CXIV, p. 677.

» Sa détermination exacte permettra d'établir sûrement la structure moléculaire de l'heptine; je me réserve de revenir bientôt sur ce point.

» Les carbures incomplets dérivés de l'acide camphorique sont attaqués par l'acide sulfurique de la même manière que l'heptine : en effet, j'ai réussi à obtenir, par la décomposition sèche du camphorate de cuivre, à 270°, quelques centimètres cubes d'un liquide répondant très sensiblement à la formule C^8H^{14}, et qui, au contact de l'acide sulfurique, s'est partiellement converti en un hydrure saturé, résistant à l'action du brome ou de l'acide azotique froids, sans doute identique à l'hexahydrure de xylène C^8H^{16} qui se produit lorsqu'on traite l'acide camphorique par le chlorure de zinc ou l'acide iodhydrique.

» La pyrogénation du camphorate d'argent m'a fourni un autre carbure C^8H^{14}, distillant de 106° à 108°, et que l'acide sulfurique a également transformé en hexahydrure de xylène.

» Enfin, le pinène paraît subir dans les mêmes circonstances une transformation du même ordre, car M. Armstrong a reconnu, dès 1879, la présence d'un carbure $C^{10}H^{20}$ dans les produits de l'attaque du térébenthène ou de la terpine par l'acide sulfurique étendu ([1]).

» Donc, en résumé, et contrairement à sa manière habituelle d'agir, l'acide sulfurique est capable d'amener certains carbures cycliques de la famille des terpènes à l'état d'hydrogénation maximum. Cette hydrogénation paraît être corrélative du dégagement d'acide sulfureux qui l'accompagne toujours et témoigne de l'oxydation d'une partie de l'hydrocarbure; elle peut être interprétée par une influence réductrice qu'exercerait ce gaz sur quelque hydrate instable, résultant d'une action directe de l'acide sulfurique sur le reste du produit.

» Remarquons en terminant qu'on peut voir là une nouvelle analogie entre l'heptine et les véritables terpènes, qui vient se joindre à celles que j'ai précédemment signalées. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur quelques principes sucrés.* Note de M. J. FOGH.

« En comparant la chaleur de combustion de l'érythrite et de la mannite avec celle de la glycérine, du glycol et de l'alcool méthylique,

---

([1]) *Berichte der deuts. chem. Gesellschaft*, t. XII, p. 1759.

MM. Berthelot et Matignon (¹) ont observé que toutes ces valeurs augmentent suivant une progression régulière avec l'accroissement de l'atomicité dans l'alcool. En effet, depuis l'alcool méthylique jusqu'à l'érythrite et même jusqu'à la mannite la chaleur de combustion est accrue d'environ 113^{Cal} par la fixation de CH^2O.

» Les nombreux corps nouveaux découverts par M. E. Fischer à la suite de ses recherches sur les principes sucrés permettent de suivre plus avant ces relations intéressantes et d'en établir la généralité. A cet effet, M. Fischer a bien voulu mettre à ma disposition plusieurs échantillons bien cristallisés qui, par les soins de M. Piloty, ont été amenés à ce haut degré de pureté nécessaire pour ces sortes de déterminations.

» Voici les résultats thermochimiques :

» 1. *Glucoheptite* $C^7H^{16}O^7$.

Chaleur de combustion : deux combustions. Moyenne pour 1^{gr}	$+3966^{cal},5$
Pour une molécule : $C^7H^{16}O^7 = 212^{gr}$	$+840^{Cal},9$ à v. c. $+841^{Cal},2$ à p. c.
Chaleur de formation :	
C^7 (diamant) $+ H^{16} + O^7 = C^7H^{16}O^7$ cristallisé	$+370^{Cal},9$

» 2. *Glucoheptose* $C^7H^{14}O^7$.

Chaleur de combustion : deux combustions. Moyenne pour 1^{gr}	$+3732^{cal},8$
Pour une molécule : $C^7H^{14}O^7 = 210^{gr}$	$+783^{Cal},9$ à v. c. et à p. c.
Chaleur de formation :	
C^7 (diamant) $+ H^{14} + O^7 = C^7H^{14}O^7$ cristallisé	$+359^{Cal},2$

» 3. *Lactone de l'acide glucoheptonique* $C^7H^{12}O^7$.

Chaleur de combustion : deux combustions. Moyenne pour 1^{gr}	$+3494^{cal},8$
Pour une molécule : $C^7H^{12}O^7 = 208^{gr}$	$+726^{Cal},9$ à v. c. $+726^{Cal},6$ à p. c.
Chaleur de formation :	
C^7 (diamant) $+ H^{12} + O^7 = C^7H^{12}O^7$ cristallisé	$+347^{Cal},5$

» Ces trois corps, très bien cristallisés, représentent dans une même série l'alcool, l'aldéhyde (ou le sucre) et l'acide monobasique déshydraté; les chaleurs de formation diminuent régulièrement de $11^{Cal},7$ en raison de la perte successive de H^2. La chaleur dégagée par la fixation de H^2 sur

(¹) *Comptes rendus*, t. CXI, p. 12.

l'aldéhyde est de $13^{Cal},5$ pour le glucose et de $11^{Cal},7$ pour le glucoheptose, ce qui concorde; entre l'alcool éthylique et l'aldéhyde la différence, d'après M. Berthelot, est de $14^{Cal},0$. Enfin, en comparant les chaleurs de combustion, on a :

	Chaleur de combustion.	Différence.
	Cal	Cal
Mannite	728,5	112,7
Glucoheptite	841,2	
Glucose	673,0	110,9
Glucoheptose	783,9	

» La différence constante pour CH^2O est bien celle observée par MM. Berthelot et Matignon. Il en est de même pour les lactones.

» 4. *Lactone de l'acide glucooctonique* $C^8H^{14}O^8$:

Chaleur de combustion : deux combustions. Moyenne pour 1^{gr}...	$+3518^{cal},7$
Pour une molécule : $C^8H^{14}O^8 = 238^{gr}$	$+837^{Cal},5$ à v.c. $+837^{Cal},2$ à p.c.
Chaleur de formation : C^8 (diamant) $+ H^{14} + O^8 = C^8H^{14}O^8$ crist.	$+400^{Cal},2$

» La chaleur de combustion l'emporte de $110^{Cal},6$ sur celle du lactone $C^7H^{12}O^7$. La même différence existe entre la chaleur de combustion de ce dernier corps et celle du lactone $C^6H^{10}O^6$. J'ai étudié trois lactones isomères de cette composition.

» 5. *Lactone de l'acide mannonique droit* $C^6H^{10}O^6$:

Chaleur de combustion : deux combustions. Moyenne pour 1^{gr}...	$+3477^{cal},8$
Pour une molécule : $C^6H^{10}O^6 = 178^{gr}$	$+619^{Cal},0$ à v.c. $+618^{Cal},7$ à p.c.
Chaleur de formation : C^6 (diamant) $+ H^{10} + O^6 = C^6H^{10}O^6$ crist.	$+292^{Cal},1$

» 6. *Lactone de l'acide mannonique gauche* $C^6H^{10}O^6$:

Chaleur de combustion : deux combustions. Moyenne pour 1^{gr}...	$+3465^{cal},7$
Pour une molécule $= 178^{gr}$	$+616^{Cal},9$ à v.c. $+616^{Cal},6$ à p.c.
Chaleur de formation : C^6 (diamant) $+ H^{10} + O^6 = C^6H^{10}O^6$ crist.	$+294^{Cal},2$

» 7. *Lactone de l'acide gulonique gauche* $C^6H^{10}O^6$:

Chaleur de combustion : deux combustions. Moyenne pour 1^{gr}...	$+3456^{cal},8$
Pour une molécule : $C^6H^{10}O^6 = 178^{gr}$	$+615^{Cal},3$ à v.c. $+615^{Cal},0$ à p.c.
Chaleur de formation : C^6 (diamant) $+ H^{10} + O^6 = C^6H^{10}O^6$ crist.	$+295^{Cal},8$

» Ces trois lactones donnent sensiblement le même nombre, comme il arrive en général pour les corps de même fonction.

» Les mêmes relations générales reparaissent lorsque l'on compare les chaleurs de combustion de deux acides bibasiques dont la composition diffère de CH^2O.

» 8. *Acide mucique isomère* (*acide allomucique*) $C^6H^{10}O^8$:

Chaleur de combustion : deux combustions. Moyenne pour 1^{gr}...	$+2358^{cal},8$
Pour une molécule : $C^6H^{10}O^8 = 210^{gr}$........................	$+495^{Cal},3$ à v.c.
	$+494^{Cal},5$ à p.c.
Chaleur de formation : C^6 (diamant) $+H^{10}+O^8 = C^6H^{10}O^8$ crist.	$+416^{Cal},3$

» 9. *Acide trioxyglutarique inactif* $C^5H^8O^7$:

Chaleur de combustion pour 1^{gr}..............................	$+2163^{cal},7$
Pour une molécule : $C^5H^8O^7 = 180^{gr}$........................	$+389^{Cal},5$ à v.c.
	$+388^{Cal},7$ à p.c.
Chaleur de formation : C^5 (diamant) $+H^8+O^7 = C^5H^8O^7$ crist..	$+358^{Cal},2$

» Pour ce dernier corps les données n'ont pu être déduites qu'à l'aide d'une seule expérience; les nombres sont peut-être un peu trop forts, la différence entre les chaleurs de combustion n'étant que de $105^{Cal},8$ [1]. »

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la formation de l'oxyhémoglobine au moyen de l'hématine et d'une matière albuminoïde.* Note de MM. **H. Bertin-Sans** et **J. Moitessier**, présentée par M. A. Gautier.

« On sait que, sous l'influence des acides et de la chaleur, l'oxyhémoglobine se décompose essentiellement en hématine et en matière albuminoïde. Les travaux entrepris jusqu'à aujourd'hui pour réaliser la synthèse de la matière colorante du sang à l'aide de ses produits de décomposition n'ont pas donné de résultats concluants; c'est ainsi que les expériences de Preyer ont été contestées par plusieurs auteurs, entre autres par Hoppe-Seyler et Jœderholm. Les recherches que nous allons exposer nous ont permis de réaliser cette importante synthèse.

» Nous avons employé, pour obtenir les produits à recombiner : 1° du sang; 2° des cristaux d'oxyhémoglobine. (Nous avons opéré dans chaque

---

(1) Travail du laboratoire de M. Berthelot.

cas en présence des termes accessoires de la décomposition de l'oxyhémoglobine.)

» 1° On coagule du sang défibriné de bœuf ou de cobaye par deux fois son volume d'éther à 56°. Le coagulum est jeté sur un filtre, bien égoutté, puis traité à l'ébullition par de l'alcool à 95°, contenant 8 à 10 pour 100 d'acide tartrique. On filtre après refroidissement; on obtient ainsi un liquide alcoolique, brun foncé, renfermant en solution de l'hématine et de la matière albuminoïde (Cazeneuve, 1876). En versant goutte à goutte ce liquide dans un excès d'éther à 65°, et mélangeant bien après chaque addition, la matière albuminoïde se sépare en flocons blancs, l'hématine et l'acide tartrique restant en solution dans un liquide parfaitement limpide. Le précipité, séparé par décantation, est lavé à l'éther à 65° et dissous dans de l'eau distillée; on obtient ainsi une solution incolore, ayant les réactions des matières albuminoïdes, et ne présentant, même sous une très forte épaisseur, aucune bande d'absorption. D'autre part, la solution éthérée d'hématine est filtrée, puis évaporée au bain-marie; le résidu est repris par très peu d'alcool. La solution alcoolique obtenue présente bien le spectre de l'hématine pure dissoute dans l'alcool acidulé par l'acide tartrique (bande principale correspondant au λ 626).

» On ajoute, devant la fente du spectroscope, à cette solution alcoolique acide d'hématine la solution aqueuse de matière albuminoïde ci-dessus et l'on étend d'eau distillée de façon à porter le volume du mélange à huit ou dix fois celui de la solution alcoolique employée. Dans ces conditions on voit le spectre changer d'aspect : les bandes ont subi un déplacement vers l'extrémité la moins réfrangible; le milieu de la première (pour ne parler que de la plus nette), qui correspondait au λ 626, correspond maintenant au λ 648. Le nouveau spectre est identique à celui qu'on obtient en traitant directement une solution de sang par l'acide tartrique concentré.

» Si maintenant on neutralise *lentement* le mélange d'hématine et de matière albuminoïde par de la soude étendue à 1 pour 100, on voit le milieu de la bande située dans le rouge au λ 648 se déplacer peu à peu jusqu'au λ 633. Le liquide renferme à ce moment de la méthémoglobine acide. Il en présente le spectre, et il suffit de rendre le milieu très légèrement alcalin pour voir le spectre de la méthémoglobine acide faire place à celui plus caractéristique de la méthémoglobine alcaline [1]. Enfin l'addition de

---

[1] La première bande du spectre obtenu dans ces conditions est plus foncée par

quelques gouttes de sulfure ammonique au liquide, quand il renferme soit de la méthémoglobine acide, soit de la méthémoglobine alcaline, fait apparaître très nettement, d'abord le spectre caractéristique de l'oxyhémoglobine, puis celui de l'hémoglobine réduite. En faisant alors barboter un peu d'air dans le liquide, on voit la bande de Stokes se dédoubler pour redonner les bandes de l'oxyhémoglobine.

» A ces réactions spectrales, nous pouvons ajouter les suivantes qui concourent aussi à montrer que les corps formés sont bien de la méthémoglobine et de l'hémoglobine. La méthémoglobine alcaline obtenue précédemment repasse à l'état de méthémoglobine acide par légère acidification du liquide. Si à ce moment on ajoute un peu d'hydrogène sulfuré en solution, on observe la formation d'hémoglobine comme par le sulfure d'ammoniaque ([1]), mais l'excès d'hydrogène sulfuré peut être facilement chassé par un courant d'air, et l'oxyhémoglobine de synthèse obtenue dans ces conditions peut alors être transformée par le ferricyanure de potassium en méthémoglobine, dont on peut vérifier les différentes réactions. De plus, l'oxyhémoglobine de synthèse, traitée par l'oxyde de carbone, présente un spectre identique à celui de l'hémoglobine oxycarbonée; ce nouveau spectre n'est plus modifié par addition d'un excès de sulfure ammonique au liquide.

» Nous avons vérifié que notre solution alcoolique acide d'hématine seule ne donne ni méthémoglobine, ni hémoglobine, lorsqu'on la traite de la même façon que le mélange d'hématine et de matière albuminoïde. Au contraire, dès que la quantité de soude ajoutée est suffisante pour rendre la liqueur légèrement alcaline, on aperçoit le spectre de l'hématine alcaline.

» La formation d'hémoglobine à l'aide de ses produits de décomposition peut être obtenue plus simplement, si l'on ne veut pas opérer la séparation préalable de l'hématine et de la matière albuminoïde. Il suffit, dans ce cas, d'ajouter directement de l'eau, de la soude et du sulfure ammonique au liquide alcoolique, qui tient en solution l'hématine et la ma-

---

rapport aux autres que dans le spectre de la méthémoglobine alcaline pure en solution aqueuse; nous avons vérifié que cette particularité est due à la présence d'alcool dans le liquide.

([1]) Un grand excès d'hydrogène sulfuré fait apparaître le spectre de la thiométhémoglobine, comme cela a lieu pour la méthémoglobine pure.

tière albuminoïde, que nous avons précédemment dit traiter par l'éther pour en séparer ces deux éléments.

» Nous avons obtenu les mêmes résultats en remplaçant dans tous ces essais l'acide tartrique par l'acide oxalique.

» 2° Enfin nous avons répété les mêmes séries d'expériences en substituant des cristaux d'oxyhémoglobine de chien au coagulum obtenu par l'action de l'éther à 56° sur le sang total défibriné. Nous avons pu reproduire dans ces conditions les mêmes apparences spectrales et par suite régénérer très nettement l'oxyhémoglobine à l'aide de l'hématine et de la matière albuminoïde provenant de l'*oxyhémoglobine*, en passant par les mêmes termes de transformation. Mais il faut toujours avoir soin d'opérer *très lentement* la neutralisation, surtout vers la fin : le temps de l'opération doit durer plusieurs heures.

» L'ensemble de ces faits nous paraît établir que, dans les conditions que nous venons de préciser, l'hématine s'unit à la matière albuminoïde de l'oxyhémoglobine pour donner d'abord de la méthémoglobine, puis de l'oxyhémoglobine; à moins que, ce qui nous paraît fort peu probable, un mélange d'hématine et de matière albuminoïde ne puisse donner des apparences et la suite complète des réactions spectrales qui caractérisent l'hémoglobine et ses dérivés immédiats. Nous nous proposons du reste de poursuivre nos recherches en vue d'obtenir des cristaux d'hémoglobine de synthèse, qui donneraient une sanction définitive à notre manière de voir. »

ANATOMIE. — *Loi de l'apparition du premier point épiphysaire des os longs.* Note de M. **Alexis Julien**, présentée par M. A. Milne-Edwards.

« *Historique.* — Quand on étudie l'ossification des pièces du squelette humain, il semble que l'apparition des points osseux ne soit soumise à aucune règle précise. Pourtant, dès 1819, M. Serres a donné, sur la formation des os symétriques, des éminences et des cavités osseuses, trois formules que les livres classiques reproduisent sous le nom de *Lois de Serres*. Mais, la loi étant la constance dans la variété, ce nom ne peut convenir à des formules qui sont loin d'être exactes dans tous les cas.

» Tout os long se développe par un point osseux primitif pour le corps (diaphyse), et un ou plusieurs points osseux complémentaires pour ses

deux extrémités (épiphyses), ou bien pour l'une d'elles seulement. Dans le premier cas, l'os est diépiphysaire; il est monoépiphysaire dans le second, et alors l'une de ses extrémités est fournie par le point diaphysaire.

» Le point diaphysaire apparaît toujours le premier. Mais les points épiphysaires apparaissent-ils dans un ordre régulier? Les épiphyses se soudent-elles suivant un ordre constant? C'est ce que se sont demandé un grand nombre d'anatomistes, parmi lesquels je citerai principalement MM. A. Bérard, Sappey et Picqué. Ces trois auteurs nous ont, en effet, donné des formules beaucoup plus voisines de la vérité que celles de M. Serres. Mais aucune d'elles ne s'applique à tous les cas, aucune ne représente la constance dans la variété.

» *Formule d'après M. A. Bérard.* — Les principales formules de M. A. Bérard sur l'ossification des os longs me paraissent pouvoir se résumer en la formule suivante : *L'épiphyse d'un os long qui se soude la première avec la diaphyse, ou bien se développe conjointement avec elle, est celle vers laquelle se dirige le conduit nourricier.* Vraie pour les os longs des membres, cette formule ne saurait s'appliquer aux côtes qui, comme on le sait, n'ont pas de conduit nourricier.

» *Formule de M. Sappey.* — Pour M. Sappey, *le premier point épiphysaire d'un os long apparaît sur son extrémité la plus volumineuse.* Vraie pour le radius, cette formule est inexacte pour le cubitus. En effet, le premier point épiphysaire apparaît sur l'extrémité distale de ces deux os. Or, si cette extrémité est la plus volumineuse du radius, elle est la moins volumineuse du cubitus.

» *Formule de M. Picqué.* — Pour M. Picqué, *le premier point épiphysaire d'un os long monoépiphysaire apparaît sur son extrémité la plus mobile.* Vraie pour les côtes, la clavicule, les phalanges et les premiers métacarpien et métatarsien, cette formule est inexacte pour les quatre derniers métacarpiens et métatarsiens, dont les deux extrémités sont également fixes. D'ailleurs, elle ne comprend nécessairement pas les os diépiphysaires; mais elle a néanmoins une incontestable supériorité sur toutes les formules qui l'ont précédée, car la première elle fait intervenir le point de vue fonctionnel.

» *Formule nouvelle.* — C'est pour moi à la fois un devoir et un plaisir de reconnaître que la formule de M. Picqué m'a mis sur la voie de la découverte d'une loi vraie pour tous les os longs de l'Homme, sans une exception qui puisse l'infirmer. Cette loi est la suivante : *Le premier point épiphysaire d'un os long apparaît toujours sur son extrémité la plus importante*

au point de vue fonctionnel, c'est-à-dire répondant à l'articulation où se produisent les mouvements les plus importants.

» Je m'occuperai successivement des os longs diépiphysaires et monoépiphysaires. Au nombre de six, les diépiphysaires sont ceux du bras et de la cuisse, de l'avant-bras et de la jambe. Beaucoup plus nombreux, les monoépiphysaires comprennent les côtes, la clavicule, les métacarpiens, les métatarsiens et les phalanges.

» *Os diépiphysaires.* — Le *membre thoracique* est, avant tout, un appareil de préhension, dans lequel le rôle le plus important appartient aux articulations dont les mouvements sont les plus variés et les plus étendus. Ces articulations sont, sans contredit, les deux extrêmes, c'est-à-dire la scapulo-humérale et la radio-carpienne. Or, c'est au niveau de ces deux articulations qu'apparaît le premier point épiphysaire de l'humérus, du radius et du cubitus.

» Le *membre abdominal* est, au contraire, avant tout, un appareil de marche et de sustentation, dans lequel le rôle le plus important appartient à l'articulation la plus étendue, la plus solide et la plus riche en ligaments. De l'aveu de tous les anatomistes, cette articulation est la moyenne, c'est-à-dire la fémoro-tibiale. Or, c'est au niveau de cette articulation qu'apparaît le premier point épiphysaire du fémur et du tibia.

» Fortement unies au tibia, les deux extrémités du *péroné* sont également fixes. Mais, tandis que la proximale est entièrement exclue de l'articulation fémoro-tibiale, la distale contribue fortement, au contraire, à la formation de l'articulation tibio-tarsienne : son rôle est donc beaucoup plus important que celui de la proximale. Or, c'est sur l'extrémité distale du péroné qu'apparaît le premier point épiphysaire de cet os.

» Le premier point épiphysaire d'un os long diépiphysaire apparaît donc sur son extrémité la plus importante au point de vue fonctionnel.

» *Os monoépiphysaires.* — Le premier point épiphysaire des os longs monoépiphysaires apparaît également sur leur extrémité la plus importante au point de vue fonctionnel : 1° extrémité proximale des côtes, de la clavicule, des premiers métacarpien et métatarsien et des phalanges; 2° extrémité distale des quatre derniers métacarpiens et métatarsiens.

» *Conclusion.* — Je conclus donc que *le premier point épiphysaire d'un os long apparaît toujours sur son extrémité la plus importante au point de vue fonctionnel.* Telle est la *loi de l'apparition du premier point épiphysaire des os longs.* Vraie pour tous les os longs du corps humain, elle est sans doute également vraie pour les os longs des autres Vertébrés. Toutefois l'appari-

tion des points d'ossification des Animaux autres que l'Homme est encore trop peu connue pour que je puisse en fournir la preuve, mais je me réserve de la chercher.

» D'ailleurs, cette loi particulière n'est qu'un cas spécial d'une loi plus générale, celle de *la subordination de l'organe à la fonction*, loi qui peut être ainsi formulée : *il n'y a pas de fonction sans organe, mais l'organe est toujours subordonné à la fonction*.

» *Remarques*. — L'extrémité d'un os long la plus importante au point de vue fonctionnel est tantôt la proximale, tantôt la distale. Elle est généralement la plus volumineuse et opposée à la direction du conduit nourricier; mais elle est parfois aussi la moins volumineuse (cubitus) ou bien située dans la direction du conduit nourricier (péroné). Elle est très souvent la plus mobile, mais parfois aussi la moins mobile (fémur, radius, cubitus) : parfois enfin elle est aussi fixe que l'autre (péroné, quatre derniers métacarpiens et métatarsiens). Lorsque les deux extrémités d'un os long sont en rapport avec deux articulations d'égale valeur (2e phalange), l'extrémité la plus importante est alors la plus mobile.

» Mais, au milieu de toutes ses variations, cette extrémité conserve un caractère constant : *elle répond toujours à l'articulation où se produisent les mouvements les plus importants*. »

PHYSIOLOGIE. — *Appareil permettant de répéter facilement les expériences de Paul Bert sur l'air et sur l'oxygène comprimés*. Note de M. **G. Philippon**, présentée par M. A. Milne-Edwards.

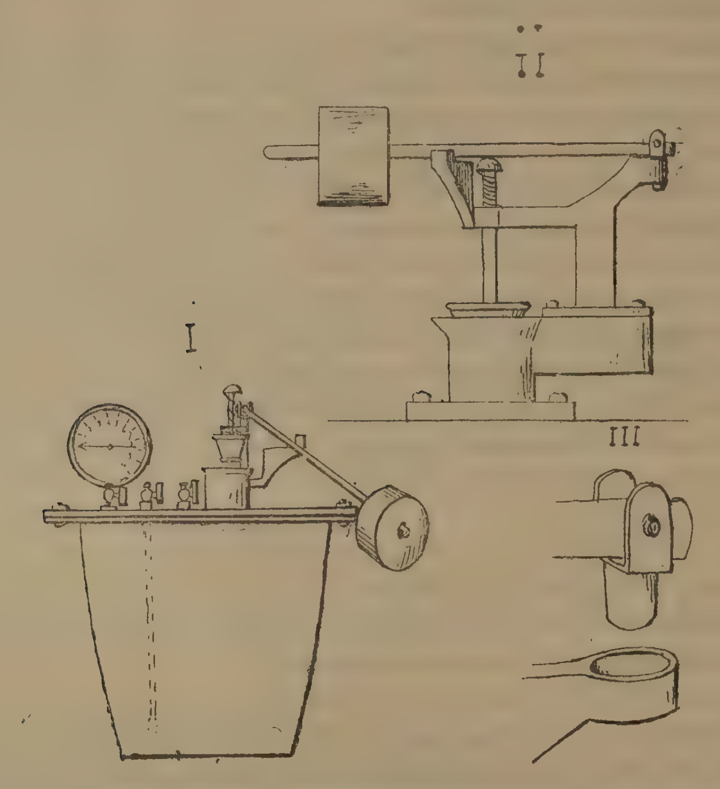
« J'ai entrepris, au laboratoire de Physiologie générale du Muséum d'Histoire naturelle, sous la direction de M. N. Gréhant, des recherches sur la respiration des animaux dans les gaz comprimés.

» L'appareil dont je me sers a été essayé et a résisté à la pression de 12^{atm}. Un dispositif particulier permet de produire une décompression presque instantanée. Je ferai mieux ressortir l'intérêt de ce détail d'appareil, si je rappelle que Paul Bert a signalé l'importance de la décompression brusque, dans son travail sur l'influence de la pression barométrique sur l'organisme.

» L'appareil nouveau que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie est une modification de celui dont mon maître, M. N. Gréhant, avait déjà fait usage.

» Il se compose d'une chaudière de 50^{lit}, pouvant être hermétiquement close au moyen d'un couvercle fortement boulonné. Au travers du couvercle sont pratiquées quatre ouvertures. Trois d'entre elles sont pourvues d'un robinet chacune, la quatrième est un corps de pompe dans lequel s'engage une soupape analogue aux soupapes dites *de sûreté,* très semblable à la soupape de la marmite de Papin.

» Le premier robinet est réduit à son ajutage même. Il est destiné à mettre le récipient en communication avec la pompe qui y foule le gaz.



» L'ajutage du second robinet se prolonge, sous forme tubulaire, jusqu'au fond du récipient, de sorte que les gaz qui pénètrent par le robinet précédent ne peuvent sortir du récipient qu'après y avoir pénétré jusqu'au fond.

» Le troisième ajutage porte, extérieurement, un manomètre de Bourdon, indiquant, à tout instant, la pression à laquelle se trouve le gaz contenu dans l'appareil.

» La soupape constitue la partie la plus importante de l'appareil. Son orifice est un corps de pompe vertical, ayant 5^{cm} de diamètre, dans lequel s'engage le piston faisant fonction d'une soupape qui se soulève de bas en haut. Ce piston a la forme d'un tronc de cône; il est fait de cuir pressé entre deux disques métalliques; sa section transversale moyenne est égale à celle du corps de pompe. Sa tige joue verticalement dans un guide annulaire exactement situé au-dessus du corps de pompe; elle est entourée d'un ressort à boudin disposé de telle façon que, à la pression ordinaire, il

tienne le piston soulevé, laissant, par conséquent, le corps de pompe librement ouvert.

» Sur la tête du piston vient s'appuyer un levier qui, lorsqu'il est horizontal, maintient la soupape dans l'orifice qu'il ferme. Un poids court sur ce levier, produisant un effet d'autant plus énergique de haut en bas, qu'il est plus éloigné de la tête du piston. La charnière, placée au point fixe du levier, permet à celui-ci d'être soulevé à volonté dans le plan vertical et d'être en même temps rejeté de côté.

» Il résulte de cette disposition que, si l'on veut produire la décompression instantanée, il suffit, lorsque le manomètre indique la pression convenable, de soulever à la main le levier du côté du poids et de le rejeter vivement dans le sens latéral. La soupape se soulève aussitôt et l'équilibre s'établit, en moins d'un quart de seconde, entre l'intérieur du récipient et l'air atmosphérique.

» Si, préalablement, un animal a été placé dans le récipient, en moins d'une demi-minute, après la décompression, temps nécessaire à dévisser les écrous qui maintiennent le couvercle du récipient, cet animal peut être soumis à l'observation dans l'air libre.

» Dans une autre Communication, je me propose de faire connaître les résultats que j'ai obtenus à l'aide de cet appareil, aussi bien sur les animaux à sang chaud que sur les animaux à sang froid (1). »

ZOOTECHNIE. — *Caractères différenciels des espèces ovine et caprine. Applications à l'étude des Chabins et des Mouflons.* Note de MM. **Cornevin** et **Lesbre**, présentée par M. Chauveau.

« Les caractères différenciels sur lesquels on s'appuie pour placer les Moutons et les Chèvres dans deux genres distincts sont peu nombreux, peu prononcés et encore n'en est-il guère qu'un, le Larmier, qui soit vraiment caractéristique à cause de sa constance dans l'espèce ovine et de son absence dans la caprine. Les autres : dimensions de la région coccygienne, conformation des mamelles, forme et direction des cornes, absence ou présence des canaux biflexes, sont contingents.

» Des dissections comparatives minutieuses et la préparation de squelettes provenant de sujets de races variées nous ont révélé des caractères non encore signalés, constants, qui séparent nettement le groupe des ovins de celui des caprins et permettent d'aborder fructueusement l'examen des Mouflons et des Chabins.

---

(1) Travail du laboratoire de M. le professeur Rouget, au Muséum.

» Nous extrayons des deux Mémoires que nous avons consacrés à ces études les conclusions qui suivent :

» 1° L'espèce caprine se distingue de l'espèce ovine : (*a*) par la possession de deux muscles, le sterno-maxillaire et le scalène intermédiaire; (*b*) par un appareil stomacal proportionnellement plus ample, à papilles notablement plus développées et à feuillet plus vaste; (*c*) par une placentation dans laquelle les cotylédons utérins sont discoïdes au lieu d'être en cupule; (*d*) par un pli situé en avant de la scissure de Sylvius, entre la deuxième et la troisième circonvolution superposées à la racine externe du lobe olfactif.

» 2° Plusieurs os de la tête offrent des différences nettes et perceptibles sans difficultés; nous les subordonnons comme il suit d'après leur étendue et leur valeur : occipital, crêtes et sutures du pariétal, portion auriculaire du temporal, lacrymal, frontal, os nasaux et intermaxillaire. Les vertèbres cervicales, principalement l'axis, ainsi que le coxal, présentent également de notables dissemblances.

» 3° Tous les Chabins du Chili étudiés par nous jusqu'ici nous ont montré des caractères exclusivement ovins.

» 4° Il en fut de même du Mouflon de Corse (*Ovis Musimon* Schzeb.).

» 5° Parmi les autres Mouflons, l'Argali (*Ovis argali* Pall.), tout en ayant quelques caractères propres, est également fort proche du type ovin, tandis que le Mouflon à manchettes (*Musimon tragelaphus*) et le Mouflon du Caucase (*Ovis Pallasii,* vel *Capra cylindricornis* Blyth) confinent au type caprin par leur ossature que nous avons seule pu étudier.

» 6° Il nous paraît indispensable d'établir une coupe dans le groupe des Mouflons; on ne peut laisser côte à côte le Mouflon de Corse et le Mouflon à manchettes, aussi éloignés l'un de l'autre que le sont le Bouc et le Bélier. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Halo du 6 avril 1892 au Parc de Baleine (Allier).* Note de M. DE ROCQUIGNY-ADANSON, présentée par M. Mascart.

« Le mercredi 6 avril, dès 8h du matin ([1]), on remarquait, au Parc de Baleine, une légère esquisse du halo de 22° se manifestant par un arc supérieur dont le milieu se trouvait dans le vertical du Soleil.

([1]) Heure de Paris.

» Un voile presque permanent de cirro-stratus s'étendant sur le ciel, la présence de cet arc fut encore constatée à 10^h du matin, midi, 1^h et 2^h du soir.

» A $2^h 30^m$, le phénomène, en se complétant, offrit un aspect vraiment remarquable.

» Le halo de 22° acheva de se dessiner. Il était décoré des couleurs du spectre, le rouge à l'intérieur.

» Le cercle parhélique apparut alors d'une blancheur éclatante, passant par le Soleil et faisant horizontalement le tour entier du ciel, à une hauteur d'environ 36°. Sur le cercle parhélique on voyait deux masses lumineuses colorées, les parhélies. Chacune de ces masses était à 3° au moins en dehors du halo de 22°.

» On apercevait enfin l'arc supérieur du halo circonscrit. Cet arc, également coloré, le violet à l'extérieur, était tangent au sommet du halo ordinaire et sa concavité était tournée vers le Soleil.

» L'apparition se maintint ainsi jusqu'à 3^h.

» On vit d'abord s'effacer peu à peu le halo ordinaire et l'arc circonscrit, le point de tangence excepté. Puis, à $3^h 15^m$, le cercle parhélique s'évanouit. Le parhélie de gauche disparaissait à $3^h 25^m$ et, à $3^h 57^m$, celui de droite. Le phénomène prenait fin à $3^h 45^m$.

» Pendant toute la durée du halo, mon attention s'est encore portée sur le point du cercle parhélique diamétralement opposé au Soleil. Mais, à aucun moment, l'anthélie n'a été visible.

» Dans la soirée, à $7^h 30^m$, un halo ordinaire entourait la Lune. Il présentait cette particularité curieuse que son périmètre était ondulant, flottant, donnant lieu, par conséquent, à des déformations singulières que je n'avais pas encore observées. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la recherche des conditions géographiques et géologiques caractérisant les régions à tremblements de terre.* Note de M. DE MONTESSUS DE BALLORE, présentée par M. Cornu.

« Dans de précédentes Communications accueillies par l'Académie et des Mémoires plus détaillés, j'ai montré, par des statistiques s'appuyant sur des chiffres considérables, que les tremblements de terre ne sont en relation ni avec les heures, ni avec les culminations de la Lune, ni avec les saisons astronomiques. Or, c'étaient les trois principales et plus com-

munément acceptées des très nombreuses lois qui ont été énoncées sur les relations que les séismes étaient supposés présenter avec des phénomènes extérieurs à l'écorce terrestre. Celles qui resteraient à réfuter par des chiffres sont basées sur des nombres de coïncidences tellement petits, quelques centaines seulement pour les moins arbitraires, qu'elles semblent dès maintenant ne pas mériter un tel travail.

» On peut donc enfin revenir, pour les études sismiques, à la saine logique en étudiant ces phénomènes non dans l'atmosphère ou les espaces cosmiques, mais bien là même où ils se produisent, l'écorce terrestre. Les tremblements de terre paraissent prendre naissance à une profondeur non excessive; on peut donc espérer qu'il est possible d'arriver à une définition tolérable des conditions géologiques et géographiques simultanées qui font que telle région est fréquemment ébranlée, et telle autre non.

» Ce premier problème une fois résolu, si l'on ne touche point à la cause première des séismes, du moins un grand pas aura été fait. Cette voie est d'ailleurs tout indiquée; car, à diverses reprises, des sismologues éminents ont fait observer que certaines conditions de relief et de constitution géologique semblent différencier nettement de leurs voisines des régions fameuses par les catastrophes sismiques dont elles ont été le théâtre. Malheureusement, aucune des remarques faites n'est applicable généralement aux régions du globe, où ces phénomènes atteignent un degré marqué de fréquence et d'intensité.

» Les documents recueillis sont en assez grand nombre, sauf en Afrique et dans l'intérieur de l'Asie, pour qu'on en puisse déduire l'ensemble des caractères de relief et de constitution géologique propres aux régions à tremblements de terre. Mais, pour baser cette recherche sur des chiffres et lui assurer l'uniformité pour toutes les parties du globe, il a fallu définir la *sismicité* d'une région. J'appelle ainsi l'inverse de la surface, exprimée en kilomètres carrés, pour laquelle se présente moyennement un jour de séisme par an. J'ai exposé ailleurs pourquoi ce choix du jour de séisme, et non du choc isolé, pour unité.

» Les conditions géologiques et géographiques simultanées favorables à la production des séismes se déduiront tout naturellement d'une série de monographies embrassant tout l'univers exploré et connu, par comparaison avec les cartes géologiques et hypsométriques. Les énoncer actuellement constituerait une affirmation sans preuves numériques, par suite d'un caractère hypothétique.

» Je présente à l'Académie le résultat de cette recherche pour la région

française. Il serait illusoire d'en tirer des conclusions quelconques, notre pays étant fort peu sujet aux tremblements de terre.

Régions.	Inverse de la sismicité en kilomètres carrés.
Alpes-Maritimes	313
Hautes et Basses-Pyrénées	4990
Provence, Hautes et Basses-Alpes	5782
Savoie et Dauphiné	10716
Drôme et Vaucluse	11614
Alsace	13150
Vosges et Jura	18504
Chaîne des Puys d'Auvergne	20560
Basse-Loire et Vendée	24598
France (dans son ensemble)	35476
Côtes de la Manche (de Saint-Malo à Boulogne)	43368
Corse	(?) 159036

» Dans un Mémoire détaillé je donnerai de plus amples détails, et en particulier les limites précises de ces régions.

» Les Alpes-Maritimes se distinguent en tête, mais font partie d'une région plus étendue, et de haute sismicité, la Ligurie. Puis viennent les Hautes et Basses-Pyrénées, dont la contre-partie espagnole est bien moins souvent ébranlée. Ensuite trois subdivisions forment un territoire compris entre le Rhône, les Alpes et la mer, et qui est une dépendance du massif alpin, lequel en Europe constitue une vaste et importante région sismique. »

M. **Zenger** adresse, à l'appui de sa théorie cosmique des phénomènes météorologiques, un relevé comparatif des perturbations atmosphériques et solaires de la fin de mars et du commencement d'avril 1892.

M. **Chapel** adresse une Note « Sur le nombre des nombres premiers compris entre deux nombres donnés ».

M. C.-D. **Caron** adresse la description d'une horloge à laquelle il donne le nom d' « horloge géographique ».

M. E. **Delaurier** adresse, à propos des récentes Communications de M. Le Chatelier et de M. Violle sur la mesure des températures, un Mémoire

ayant pour titre : « Remarques sur les applications scientifiques et industrielles de la thermo-électricité ».

La séance est levée à 4 heures trois quarts. J. B.

ERRATA.

(Séance du 4 avril 1892.)

Note de M. *Drzewiecki,* Sur une méthode pour la détermination des éléments mécaniques des propulseurs hélicoïdaux :

Page 822, ligne 4, *au lieu de* l, *lisez* λ.
Même page, ligne 11, *au lieu de* $l = 0,1124$, *lisez* $\lambda = 0,0124$.